

МОДЕЛЮВАННЯ СПРЯЖЕНИХ ГВИНТОВИХ ПОВЕРХОНЬ, ЩО ВИКЛЮЧАЄ ІНТЕРФЕРЕНЦІЮ

Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова

Дослідження полягає у необхідності створення ефективних методів для досконалої обробки виробів на гнучких автоматизованих виробництвах, на обробних модулях, на верстатах з числовим програмним управлінням, що не може бути досягнуто без комп'ютерно-орієнтованих технологій, які дають можливість ефективного геометричного проектування ріжучих інструментів.

Однією з найголовніших проблем моделювання спряжених поверхонь є явище інтерференції. Постійне зростання вимог до якості виробів, розвиток комп'ютерних технологій і створення нового виробничого обладнання є об'єктивними факторами, що стимулюють вдосконалення методів виключення інтерференції спряжених поверхонь виробів [2]. Одним з найбільш наочних способів, які виявлятимуть інтерференцію, є автоматизований графоаналітичний спосіб побудови параметричного кінематичного гвинта, який в свою чергу дозволить підвищити продуктивність праці, стосовно ріжучої кромці черв'ячної фрези яка зможе обробляти складну гвинтову поверхню виробу і швидко переналагодження верстата.

Професор О.М. Подкоритов запропонував діаграму гвинта і застосував її для формування складних криволінійних спряжених поверхонь [1]. За останні роки в літакобудуванні, машинобудуванні, кораблебудуванні широко стали застосовуватися складні гвинтові поверхні.

Сучасні технології обробки виробів в гнучких автоматизованих виробництвах, на обробних модулях, у свою чергу, вимагає розробки ефективних методів геометричного і математичного моделювання спряжених гвинтових поверхонь що виключають інтерференцію, на стадії проектування.

Ключові слова: гвинтові поверхні, інтерференція, діаграма гвинта, спряжені поверхні, автоматизування, аксоїди, ріжучий інструмент.

Вступ

Надійність і довговічність виробів сучасного машинобудування, що мають в своєму складі велику кількість елементів зі спряженими поверхнями складних геометричних форм, в значній мірі залежать від точності їх виготовлення. У свою чергу точність виготовлення істотно залежить від точності проектування, що і зумовило потребу створення принципово нових методів проектування, заснованих на творчому використанні теорії кінематичного гвинта в поєднанні з можливостями комп'ютерних технологій. Вирішення цього завдання дозволить не тільки підвищити точність проектування і продуктивність праці, а й відкрити можливість чисто аналітичного вирішення проблеми. Фундаментом вирішення цієї складної проблеми є в першу чергу її рішення для виробництва обробних інструментів, чому і посвячена пропонується робота.

Саме тому в практиці геометричного моделювання часто виникають проблеми тісно пов'язані з літакобудуванням, машинобудуванням, зі верстатобудуванням, а також з інструментальною промисловістю. Поява нових машинобудівних технологій, пов'язаних з обробкою виробів в автоматизованих виробництвах, із застосуванням новітніх комп'ютерних розробок ставить перед нарисною геометрією нові, складніші завдання. у зв'язку з цим виникає необхідність в розробці ефективних методів геометричного моделювання спряжених криволінійних поверхонь, що виключають інтерференцію. Це дозволяє не тільки скоротити терміни проектування, підвищити, надійність, міцність і розрахунково-графічну точність, але і дає можливість для математичного моделювання процесу дослідження виробів із застосуванням нових комп'ютерних технологій.

Метою роботи є визначення ознак виявлення інтерференції спряжених криволінійних поверхонь автоматизованим способом, підвищити продуктивність конструкторського праці, розширити сферу застосування кінематичного гвинта для проектування гвинтового ріжучого інструмента.

Основна частина. Базою для розвитку наукових основ геометричного моделювання спряжених гвинтових поверхонь є:

1. Теорема проф. Подкоритова А. М. визначення точок контакту спряжених поверхонь: якщо кожному з спряжених поверхонь Σ_A і Σ_B розглядати як огибающую сімейства попарно спряжених миттєвих аксоїдов Φ_A^i і Φ_B^j , які задовольняють діаграмі кінематичного гвинта, то кожна точка контакту поверхонь Σ_A і Σ_B визначається як точка дотику лінії контакту аксоїдов з поверхнею Σ_A .

2. Узагальнене рівняння, що виражає умову спряженості аксоїдов [1].

3. Аналітичний опис кінематичних пар спряжених аксоїдов [1].

4. Алгоритм визначення характеристик аксоїдов [2].
5. Дослідження геометрії спряжених криволінійних поверхонь із застосуванням ЕОМ [1].
6. Інваріантний метод геометричного моделювання спряжених гвинтових поверхонь вищих кінематичних пар [4].

Дослідження щодо формування спряжених гвинтових поверхонь Σ_A і Σ_B за допомогою посередника Φ . При визначенні кожної точки контакту спряження поверхонь вирішується геометрична задача по визначенню спільної точки дотику поверхонь Σ_A, Σ_B .

Побудова діаграми гвинта (C, h, ω_C) , еквівалентного обертання навколо осей A і B , віддалених від точки C на відстанях a і b з кутовими швидкостями ω_A, ω_B . З довільної точки C площини креслення (рис.1) проводимо відрізок $CK=h$, рівний периметру гвинта. Через точку K проводимо пряму, перпендикулярну до CK , на якій відкладаємо відрізки $KA=a$ і $KB=b$. Точки A, C , і B сполучаємо і проводимо через них окружність. Довільну точку окружності O сполучаємо з A, C і B . Отримуємо вісь гвинта OC і осі складових обертань OA і OB у відповідних кутових положеннях.

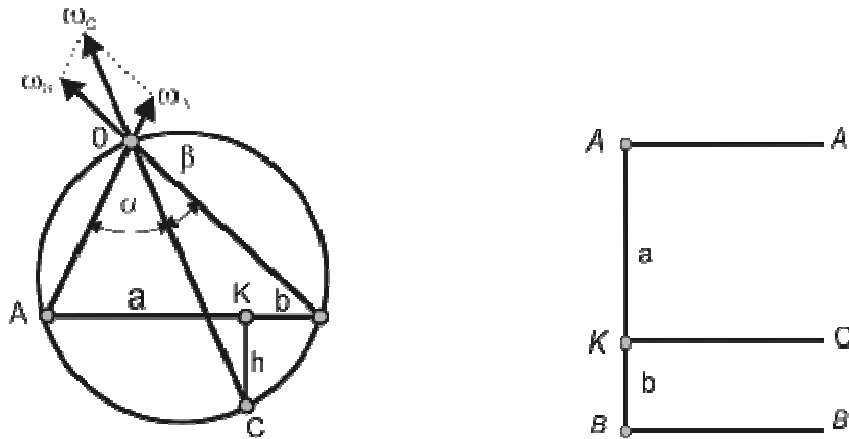


Рисунок 1 – Побудова діаграми гвинта (C, h, ω_C)

Кутові швидкості обертань навколо осей C, A і B визначаються з трикутника CAB за правилом: кутова швидкість обертання навколо будь-якої з осей C, A і B пропорційна стороні трикутника кутових швидкостей CAB , яка лежить навпроти вершини, що має найменшу відстань до осі, по відношенню до якої кутова швидкість обертання збільшується. Швидкість ковзання і визначається як подвоєна площа трикутника ABC . Якщо кутові швидкості обертань ω_A, ω_B відкласти в деякому масштабі від точки O по осях A і B , то кутова швидкість ω_A, ω_B лежатиме на осі C і в тому ж масштабі виражати ω_C

Діаграма кінематичного гвинта поєднує в собі як найкоротшу відстань між осями A і B , так і площину паралелограма кутових швидкостей, перпендикулярну до AB .

При профілізації кожної точки контакту спряжених гвинтових поверхонь Σ_A і Σ_B вирішується геометрична задача за визначенням загальної точки K спряжених поверхонь Σ_A і Σ_B .

Розглянемо суть формування геометричної моделі спряжених гвинтових поверхонь Σ_A і Σ_B з лінійною просторовою характеристикою з осями, що перехрещуються, і різними гвинтовими параметрами.

Кінематичний метод показує (Рис. 2), що характеристикою гвинтової поверхні зачеплення Φ при її русі щодо спряжених гвинтових поверхонь Σ_A і Σ_B , є геометричне положення тих точок на поверхні Φ швидкість яких лежить як в площинах Σ_A і Σ_B , так і на контактній поверхні Φ .

За теорією гвинтів відомо, що через кожну точку контакту проходить загальна нормаль спряжених гвинтових поверхонь Σ_A і Σ_B , яка є променем просторового лінійного комплексу гвинта відносного руху поверхонь Σ_A і Σ_B . Тому в точках контакту K_1, K_2, \dots, K_n відносно характеристик s_1, s_2, \dots, s_n спряжених аксоїдів Σ_B будуть загальні нормалі для спряжених поверхонь, тобто точки K_1, K_2, \dots, K_n належатимуть просторовій лінії контакту поверхонь Σ_A і Σ_B .

Останнє виділяє на поверхні Φ геометричну множину точок, які належать у момент часу t характеристиці. Знайдемо радіус-вектор точок характеристики в момент часу t :

$$\bar{e}_v(t, u) = x_{e_v}(t, u) \cdot \bar{i} + y_{e_v}(t, u) \cdot \bar{j} + z_{e_v}(t, u) \cdot \bar{k},$$

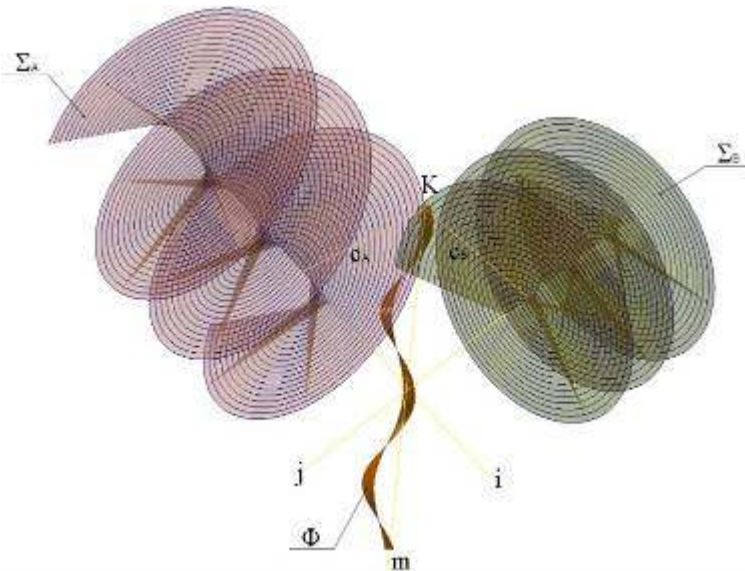


Рисунок 2 – Кінематичний метод виключення інтерференції спряжених гвинтових поверхонь з урахуванням гвинтової траєкторії зачеплення

Відмітимо, що знайдене сімейство характеристик є одночасно виразом для радіус-вектора шуканої поверхні зачеплення в системі координат $Oxyz$.

Визначено радіус-вектори точок зачеплення поверхонь, що обмежують тіла двох спряжених криволінійних поверхонь:

$$\bar{n}(t, u, v) \cdot \bar{W}_1(t, u, v) = 0,$$

Це система визначення u і v як функції часу t :

$$u = u(t), \quad v = v(t),$$

Визначено вирази для радіус-вектора

$$\bar{f}(t) = x_f(t) \cdot \bar{i} + y_f(t) \cdot \bar{j} + z_f(t) \cdot \bar{k},$$

і точок зачеплення:

$$\bar{f}(t) = \bar{c}(t, u(t), v(t)).$$

$$x_f(t) = x_c(t, u(t), v(t));$$

$$y_f(t) = y_c(t, u(t), v(t));$$

$$z_f(t) = z_c(t, u(t), v(t)).$$

Для знаходження радіус-вектора точок шуканої поверхні обертання в системі координат, O_v , X_v , Y_v , Z_v , тісно пов'язане з тілом обертання, на початку від системи координат $Oxyz$ до системи координат $O_vX_vY_vZ_v$, яка повернена навколо осі $O_x = O_v \times X_v$ на кут α_v і перенесена вздовж неї на відстань $(-1)^{v+1} \alpha_v$.

$$\bar{e}_v(t, u) = x_{e_v}^v(t, u) \cdot \bar{i} + y_{e_v}^v(t, u) \cdot \bar{j} + z_{e_v}^v(t, u) \cdot \bar{k}_v,$$

визначені:

$$x_{e_v}^v(t, u) = x_{e_v}(t, u) + (-1)^v \alpha_v;$$

$$y_{e_v}^v(t, u) = y_{e_v}(t, u) \cdot \cos \alpha_v + z_{e_v}(t, u) \cdot \sin \alpha_v,$$

$$z_{e_v}^v(t, u) = -y_{e_v}(t, u) \cdot \sin \alpha_v + z_{e_v}(t, u) \cdot \cos \alpha_v;$$

Перейшли від нерухомої системи координат $O_v X_v Y_v Z_v$ до рухливої системи координат $O_v X_v Y_v Z_v$, тісно пов'язаної з тілом і поверненою навколо осі кут $\varphi_v(t) = \omega_v t$.

$$\bar{e}_v(t, u) = x_{e_v}^v(t, u) \cdot \bar{i} + y_{e_v}^v(t, u) \cdot \bar{j} + z_{e_v}^v(t, u) \cdot \bar{k}_v,$$

визначені:

$$x_{e_v}^v(t, u) = x_{e_v}(t, u) \cdot \cos \varphi_v(t) + y_{e_v}(t, u) \sin \varphi_v(t);$$

$$y_{e_v}^v(t, u) = -x_{e_v}(t, u) \cdot \sin \varphi_v(t) + y_{e_v}(t, u) \cos \varphi_v(t);$$

$$z_{e_v}^v(t, u) = z_{e_v}(t, u).$$

Останні формули вирішують поставлене завдання: вони в координатній формі задають спряжену гвинтову поверхню, що обмежує тіло.

Основні геометричні особливості цих ліній вони властиві лінії зачеплення і відповідають гладкому профілю.

Виявлено, що у гвинтових поверхнях відбувається поширення гвинтової лінії, але суттєвими є і дифракційні явища. Дифракційні гвинтові лінії призводять до неоднорідності в розподілі поля перерізу векторного пучка, і призводять до інтерференції.

Визначені геометричні характеристики і параметри поверхні ріжучого інструменту, що дозволило формалізувати і розв'язати зазначене коло задач засобами прикладної геометрії і комп'ютерної графіки.

Висновки

Автоматизований метод моделювання спряжених поверхонь на базі кінематичного гвинта відіграє значну роль при підвищенні точності і наочності профілювання різального інструменту, оскільки він може дозволити важливі проблеми, пов'язані зі швидкою налаштування верстатів ЧПУ і дозволяє виявити інтерференцію на стадії проектування ріжучого інструмента.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Подкоритов А.Н., Исмаилова Н.П., Дюкре Л.Г. «Метод формирования сопряженных винтовых нелинейчатых поверхностей семейством огибающих геликоидов», Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Вип.17. – ХДУХТ. – Харків, 2007. – С.12-15.
2. Подкоритов А. М. Теоретичні основи спряжених квазігвинтових поверхонь, що виключають інтерференцію [Текст]: монографія / Подкоритов А. М., Исмаилова Н. П. – Херсон : ФОП Грін Д. С., 2016. – 330 с.

REFERENCES

1. Podkorytov A. N., Ysmaylova N. P., Dyukre L. H. «Metod formirovaniya sopryazhennykh vyntovykh nelyneychatykh poverkhnostey semeystvom ohybayushchykh helykojdov», Neometrychne ta komp'yuterne modelyuvannya. – Vyp. 17. – KNDUKHT. – Kharkiv, 2007. – S.12-15.
2. Podkorytov A. M. Teoretychni osnovy spryazhenykh kvazihvyntovykh poverkhon', shcho vyklyuchayut' interferentsiyu [Tekst]: monohrafiya / Podkorytov A. M., Ismailova N. P. – Kherson : FOP Hrin' D. S., 2016. – 330 s.

Исмаилова Неллі Петрівна - д-р техн.наук, доцент, професор кафедри інформаційних технологій, Nelly969@ukr.net; Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова. ORCID 0000-0003-0181-4420.

N. Ismailova

SIMULATION OF PAIRING SCREWING SURFACES EXCLUDING INTERFERENCE

O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications

Research is the need to create effective methods for perfect processing of products on flexible automated production facilities, on processing modules, on machines with numerical programmed control, cannot be achieved without computer-oriented technologies that allow efficient geometric design of cutting tools.

One of the main problems of modeling mating surfaces is the phenomenon of interference. The constant growth of requirements for the quality of products, the development of computer technology and the creation of new production equipment are objective factors that stimulate the improvement of methods for eliminating interference of the interfaced

surfaces of products [2]. One of the most obvious ways to detect interference is an automated graph analytical method for constructing a parametric kinematic screw, which in turn will improve productivity, relative to the cutting edge of the worm milling machine, which will be able to process a complex screw surface of the product and a quick changeover of the machine.

Professor A.N. Podkorytov proposed a screw diagram and applied it to form complex curvilinear conjugate surfaces [1]. In recent years, complex screw surfaces have become widely used in aircraft manufacturing, mechanical engineering, and shipbuilding. Modern technologies for processing products in flexible automated production facilities on processing modules, in turn, require the development of effective methods for geometrical and mathematical modeling of coupled helical surfaces eliminating interference at the design stage.

Keywords: screw surfaces, interference, Screw diagram, interfaced surfaces, automation, axoids, cutting tool.

Nelli Ismailova - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Technology
Nelly969@ukr.net.

Н. П. Исмаилова

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОПРЯЖЕНИЯ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИЮ

Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

Исследования заключаются в необходимости создания эффективных методов для совершенной обработки изделий на гибких автоматизированных производствах, на обрабатывающих модулях, на станках с числовым программным управлением, не может быть достигнуто без компьютерно-ориентированных технологий, которые дают возможность эффективного геометрического проектирования режущих инструментов.

Одной из главных проблем моделирования сопряженных поверхностей является явление интерференции. Постоянный рост требований к качеству изделий, развитие компьютерных технологий и создание нового производственного оборудования являются объективными факторами, стимулирующими совершенствование методов исключения интерференции сопряженных поверхностей изделий [2]. Одним из самых наглядных способов, выявляющих интерференцию, является автоматизированный графоаналитический способ построения параметрического кинематического винта, который в свою очередь позволит повысить производительность труда, относительно режущей кромке червячной фрезы, который сможет обрабатывать сложную винтовую поверхность изделия и быстрая переналадка станка.

Профессор А.Н. Подкорытов предложил диаграмму винта и применил ее для формирования сложных криволинейных сопряженных поверхностей [1]. За последние годы в самолетостроении, машиностроении, кораблестроении широко стали применяться сложные винтовые поверхности. Современные технологии обработки изделий в гибких автоматизированных производствах, на обрабатывающих модулях, в свою очередь, требует разработки эффективных методов геометрического и математического моделирования сопряженных винтовых поверхностей исключая интерференцию, на стадии проектирования.

Ключевые слова: винтовые поверхности, интерференция, Диаграмма винта, сопряженные поверхности, автоматизирования, аксоиды, режущий инструмент.

Исмаилова Нелли Петровна – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры информационных технологий,
Nelly969@ukr.net.