УДК 621.9.0077:621.865.85

Вірич С.О., канд. техн. наук, доцент
Бабенко М.О., канд. пед. наук
Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
maryna.babenko@donntu.edu.ua

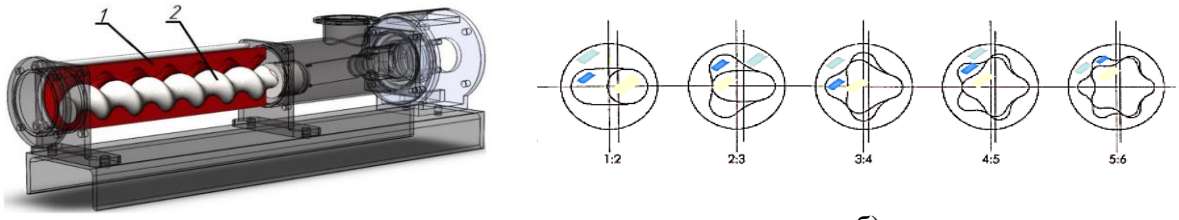
УДОСКОНАЛЕННЯ СТРАТЕГІЙ ОБРОБЛЯННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ГВИНТОВИХ ПОВЕРХОНЬ ІЗ КРУГЛИМ ПЕРЕРІЗОМ НА БАГАТОЦІЛЬОВИХ ВЕРСТАТАХ

Одногвинтові роторно-обертальні насоси з циклоїдальним зачепленням призначені для перекачування рідин із великою в'язкістю та набули широкого використання у харчовій, хімічній, текстильній, металообробній, будівельній та інших промислових галузях [1].

Найважливішою характеристикою таких насосів є кінематичне відношення, яке забезпечується геометрією торцевого перетину з'єднання гвинт-гайка (статор 1 – ротор 2) (рис. 1, а). При цьому вісь поперечного перерізу гвинта зміщений відносно осі на величину ексцентриситету, а осьовий отвір гайки має форму двозахідної гвинтової поверхні (рис. 1, б).

Саме складнопрофільна гвинтова поверхня, точність та якість виготовлення якої визначає основні характеристики насоса: вихідний тиск, максимальна об'ємна витрата, ресурс насосу тощо, є найбільш трудомісткою в технологічному процесі. Отже, вибір раціональних методів обробляння гвинтової поверхні ротора для конкретних умов виробництва є актуальним науковим завданням.

Технологічний процес обробляння гвинтової поверхні складається з формоутворення гвинтової поверхні та оздоблювального обробляння із можливим розділенням термічною обробкою у разі потреби. Формоутворення таких гвинтових поверхонь може здійснюватися виливанням, пластичним деформуванням, оброблянням різанням. Фінішне обробляння гвинтової поверхні ротора може здійснюватися абразивним оброблянням, методами поверхневого пластичного деформування, хімічними та електрохімічними методами [2].



а) б)

Рис. 1 – Геометричні характеристики одногвинтових насосів а) гвинтова передача б) поперечні перетини з різними кінематичними співвідношеннями

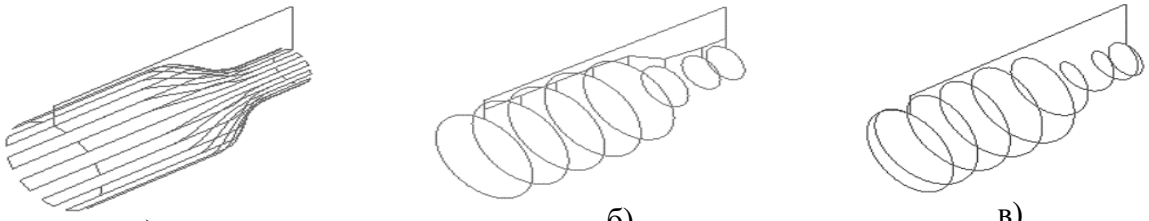
Серед способів обробляння різанням при використанні різців відомі: вихрове точіння, обробляння багаторазовою головкою, обробляння на токарно-затиловочному верстаті, на токарному верстаті з ЧПК. При використанні фрез відомі такі способи: фрезеруванням фасонними фрезами, фрезерування торцевою фрезою з подачею, яка дорівнює кроку гвинта та ін.

Проте технологічні можливості означених методів не задовольняють сучасним вимогам виробництва із-за недостатньої гнучкості в умовах багатономенклатурного виробництва, а також технологічних обмежень при оброблянні поверхонь із багатозахідними профілями, конічних гвинтових поверхонь. З огляду на вимоги сучасності актуальним є застосування способу обробляння непрофільованим інструментом на 4-х координатних фрезерних верстатах із ЧПК із поворотною віссю.

Виготовлення циклоїдальних гвинтових поверхонь з однозахідними, двозахідними, тризахідними профілями, а також складнопрофільних конічних поверхонь фрезеруванням

на верстатах із ЧПК може бути успішно реалізовано за допомогою формалізованих оригінальних стратегій, які необхідно розробляти.

Сучасні CAM-системи для проєктування операцій 4-осьового обробляння на фрезерних верстатах із ЧПК мають обмежений набір обробних стратегій: лінійна, колова, спіральна. Лінійне поворотне фрезерування реалізується завдяки переміщенню інструмента вздовж осі повороту за еквідистантними лініями (рис. 2, а). Під час колового фрезерування заготованка обертається за фіксованого положення інструмента відносно осі Y, обробляючи при цьому заданий поперечний переріз заготованки. Сукупність оброблених із заданим кроком поперечних перерізів утворює необхідну поверхню (рис. 2, б). При використанні спіральної стратегії уздовж усієї поверхні оброблюваної моделі генерується безперервна спіраль (рис. 2, в).



а) б) в)

Рис. 2 – Стратегії 4-осьового обробляння на фрезерних верстатах із ЧПК

Усі означені вище стратегії мають ряд недоліків як то: забезпечення якості поверхні та стійкості інструмента, обмежена здатність CAM-систем до розв'язування складних задач генерування траєкторій, неможливість розпізнавання геометрії поверхні CAM-системою, проблема дискретності сітки скінченних елементів, якою описується поверхня [3].

З метою застосування позбавленої вказаних вище недоліків стратегії було запропоновано стратегію обробляння, представлену системою рівнянь (1). Для підвищення продуктивності у якості різального інструмента пропонується використання кінцевої фрези з плоским торцем. Обробляння здійснюється циліндричною частиною кінцевої фрези, розташованої перпендикулярно до осі гвинта. Для організації цього методу необхідно використовувати верстат, оснащений 4-х координатною системою ЧПК.

Для запобігання впливу похибок, пов'язаних із використанням цифрової тривимірної моделі у якості вихідних даних використано представлення геометрії поверхні в параметричному вигляді, а розрахунок траєкторії руху інструмента здійснено на основі жорсткої аналітичної моделі [4].

$$X_i = -\frac{s \cdot t}{360} + R \cdot sin\left(\frac{360 \cdot e}{h} \cdot sin(t)\right),$$
$$Y_i = e \cdot cos(t) + r + R + R \cdot \left(\left|\cos\left(\frac{360 \cdot e}{h} \cdot \sin(t)\right)\right| - 1\right), \quad (1)$$
$$A_i = \frac{\left(360 + \frac{360 \cdot s}{h}\right) \cdot t}{360},$$

де A – кут повороту заготованки, град.; X – координата осі фрези відносно початку координат у напрямі осі обертання заготованки, мм; Y – координата осі фрези відносно осі заготованки у вертикальному напрямку (перпендикулярно до осі заготованки), мм; t – параметр, град.; s – подача, мм/об; ΔA – приріст кута, який забезпечує закручування спіралі ("+" для правого, "-" для лівого гвинта), град.; h – крок підйому гвинта, мм; R –радіус фрези, мм; e – ексцентриситет, мм.

Представлена стратегія може бути використана для розрахунку траєкторії руху інструмента під час обробляння циліндричної гвинтової поверхні круглого поперечного перерізу з довільними параметрами діаметра, кроку та ексцентриситету.

Список посилань

1. Гвинтові насоси [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://wiki.tntu.edu.ua/Гвинтові_насоси
2. Родін П.Р. Формоутворення гвинтових поверхонь торцевим інструментом із профілюючою вершинною точкою / П.Р. Родін, В.І. Солодкий // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2004. – № 6. – С. 57–62.
3. 3D CAD SOFTWARE [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://vertrotors.wordpress.com/3d-cad-software/
4. Звєрєва С.О. Узгоджені аналітичні та комп'ютерні моделі поверхонь: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. Донецьк, 2000. 142 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uacademic.info/ua/document/0401U000161#!

УДК 681.6

Кохановський В.О., канд. техн. наук, доцент
Семеніщева А.Д., студентка
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ДРУКАРСЬКИХ ТРАФАРЕТНИХ МАШИН

Трафаретний друк – це технологія, що не втрачає своєї актуальності, а лише набирає її з кожним роком. Сучасні трафаретні машини дедалі частіше оснащуються повним сервоприводом та CNC-керуванням, мінімізуючи ручне втручання. Це дозволяє швидко підлаштовувати машину під різні тиражі та потреби. Багато нових моделей мають пам'ять для збереження налаштувань під різні завдання. Оператор може швидко підлаштувати машину під товщину нового матеріалу або точно виставити ступінь натискання ракеля, що раніше вимагало тривалого ручного налаштування. Актуальною тенденцією є модульний дизайн машин. На ринку все частіше з'являються машини, які можна модернізувати під різні потреби. Верстати можна дооснастити додатковими секціями чи функціями. Наприклад, встановити додаткову секцію для кольору чи автоматичний сушильний модуль.

Український ринок трафаретного обладнання представлений різними світовими виробниками. Японські циліндричні машини Sakurai, відомі своєю якістю та інноваціями.) Представлена в Україні американська марка M&R, яку в галузі називають виробником «найшвидших автоматичних трафаретних машин у світі». M&R та подібні бренди забезпечують високу продуктивність при друці на текстилі: їхні машини карусельного типу здатні робити сотні відбитків на годину, і оснащені передовими системами контролю та швидкої зміни рам.

Виробники етикеток і паковань в Україні активно застосовують комбіновані друкарські лінії світових брендів, які інтегрують модулі трафаретного друку. Так, у вузькорулонних машинах Gallus, Nilpeter, Mark Andy часто передбачені секції трафаретного друку для нанесення густих фарб або рельєфних лаків. При виробництві самоклейних етикеток на українських підприємствах використовуються ті самі сита Kocher Beck та фарби Siegwerk, що і в західноєвропейських друкарнях.

Світові тренди істотно впливають на український ринок трафаретного друку. З одного боку, спостерігається зростання вимог до гнучкості виробництва – бренди все частіше замовляють індивідуалізовану упаковку невеликими тиражами, швидко змінюючи дизайн. Це кидає виклик трафаретним технологіям, адже швидка зміна дизайну традиційно була сильнішою стороною цифрового друку. У відповідь виробники трафаретного обладнання впроваджують рішення для прискорення переналагодження: системи швидкої зміни рам, автоматичні очищувачі сит та покращені процеси виготовлення друкарських форм. Так трафаретний друк адаптується до коротких тиражів.

Попри тиск цифрових технологій, трафаретні машини знаходять нові сфери застосування завдяки унікальним можливостям. Головна перевага це товстий шар фарби,