

операции: горячее копчение рыбы, т.е. эта операция, является “узким местом”, тормозящим работу других элементов, а самая высокая скорость перемещения заготовок у операции контроль веса [2]. Чтобы увеличить производительность на участке горячего копчения рыбы можно поставить дополнительную печь, но это будет экономически не оправданно. Определение количество брака – К на каждой из технологических операций, показали, что наиболее высокий процент брака на технологической операции нанизка рыбы на прутки и горячее копчение, а наиболее низкий – стерилизация и охлаждение консервов, а также мойка и сушка банок.

Приведена сравнительная характеристика организации контроля технологического процесса производства консервов «Шпроты в масле», которая показала, что данные структуры имеют разную стоимость: третья структура дороже первых двух, но с другой стороны они имеют разную информативность: третья структура гораздо лучше контролируется и управляется, что позволяет снизить количество аварийных ситуаций, т. е. увеличить показатели качества, путем снижения бракованной продукции – К, а значит увеличить производительность линии. Т. о. третья структура наиболее оптимизирована и может служить основой для построения системы управления.

Список литературы

1. Справочник проектировщика АСУТП. Под. ред. Смилянского Т.Л. – М.: Машиностроение, 1983. – 530 с.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 420 с.

УДК 621.91.02

В.І.Солодкий доц., П.Я.Фандич студ.

НТУ України „Київський політехнічний інститут” м.Київ, Україна

ЗРІЗАННЯ ПРИПУСКУ ПРИ ФОРМОУТВОРЕННІ КОНІЧНОЇ ГВИНТОВОЇ ПОВЕРХНІ ДИСКОВИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Рассмотрены вопросы формообразования конических винтовых поверхностей, а так же математические методы определения толщины среза при обработке винтовой конической канавки дисковым инструментом.

The researches of formation of conic screw surfaces, and as mathematical methods of the definition of a thickness of a deleted material are carried out at handling a screw conic groove by the disk tool.

Постановка проблеми. При формоутворенні гвинтових поверхонь дисковим фасонним інструментом, його різальні елементи мають нерівномірну завантаженість, особливо при глибинному шліфуванні, наприклад, стружкових канавок конічних фрез.

В результаті нерівномірного завантаження різальних елементів інструмента, його окремі ділянки інтенсивно зношуються в той час, як сусідні до них ділянки можуть майже не зазнавати зменшення своїх експлуатаційних властивостей. Це призводить до

необхідності заміни (або поновлення працездатності) інструмента в цілому, в той час, як непрацездатними виявляються тільки його окремі елементи, а не весь інструмент в цілому.

Найбільш суттєво на величину завантаження локальних ділянок інструмента, при інших постійних чинниках, впливає товщина шару матеріалу що видаляється при обробці деталі за дискретний період часу, в якості якого виступають подача на один зуб для лезового інструмента, або похвилинна подача абразивного інструмента

Стан питання. Існує декілька способів визначенні товщини зрізу. Спосіб визначення товщини зрізу, як проекції вектора подачі на напрямок нормалі до поверхні різання [4] враховує кінематику схеми формоутворення, однак вносить похибки у кінцевий результат, які виникають через те, що проекція відрізка не дорівнює довжині відрізка.

Методика визначення площі зрізу та периметру різання при утворенні гвинтової поверхні методом точіння [3], базується суто на геометричних побудовах, без урахування напрямку та величин відносних рухів інструмента та деталі.

У роботі [2] подано методику визначення товщини зрізаного шару у площині ортогональній до поверхні різання при утворенні циліндричних гвинтових поверхонь. Однак методика розроблена тільки для визначення найбільшого значення товщини зрізу, у той час як вона має змінну величину у процесі утворення поверхні деталі.

Визначення товщини зрізу як відстані між двома проекціями різальних кромek на площину що паралельна осі обертання інструмента [6, 7], зводить просторову задачу до плоскої, що не відповідає умовам роботи інструмента.

Формулювання проблеми. Отже, існуючі методики визначення товщини матеріалу, який видаляється різальним елементом при формоутворенні гвинтової поверхні, не відображають дійсного завантаження різального клина. Окрім цього вони орієнтовані на дослідженні кінематики утворення циліндричних гвинтових поверхонь в той час, як поширюється застосування конічних гвинтових поверхонь, які утворюються за допомогою абразивного інструмента, наприклад конічних стружкових канавок у фрез для верстатів з ЧПК.

Постановка задачі

Метою даної роботи є розробка методики визначення розподілу товщини матеріалу що зрізається різальними елементами дискового фасонного інструмента при утворенні конічних гвинтових поверхонь. Для розв'язання поставленої задачі необхідно розробити: методику пошуку положення дослідної точки інструмента у просторі відносно деталі; визначення положення дослідної точки у різні моменти обробки у залежності від величини та напрямку подачі; методику визначення величини завантаження та напрямку відносного руху інструмент-деталь для дослідної точки.

Загальні положення

Оскільки у роботі досліджуємо товщину шару матеріалу що зрізується різальним елементом інструмента, положення дослідної точки будемо визначати аналітично в системі координат що зв'язана саме з різальним інструментом. Для визначення

положення дослідної точки будемо розглядати траєкторії її руху відносно деталі, що дає змогу пов'язати положення точки з кінематикою формоутворення [8].

Загальний кінечно-гвинтовий рух інструмента відносно деталі розкладемо на такі складові. Прямолінійний поступальний та рівномірний рух в напрямку осі гвинтової поверхні – рух подачі дискового інструмента. Обертальний рух навколо осі деталі на величину пропорційну гвинтовому параметру (кроку) гвинтової поверхні. У сумі обидва рухи, прямолінійний та обертальний, відтворюють гвинтовий рух.

Врахування кінечної форми гвинтової поверхні будемо здійснювати за допомогою прямолінійного руху інструмента в напрямку ортогональному до осі деталі. Його величину будемо поставимо у залежність від тангенсу нахилу кінечної гвинтової поверхні відносно осі деталі.

Поєднання цих трьох рухів – вздовж осі деталі, ортогонально до осі деталі та обертального навколо осі деталі – дає у сукупності кінчний гвинтовий рух.

Товщину видаленого шару будемо визначати як довжину нормалі до профілю різального елемента. Водночас будемо досліджувати напрям руху зрізаємого матеріалу відносно розрахункової точки, яка належить інструменту. Це дозволить визначити не тільки товщину видаленого шару, але й напрям відносного руху інструмента та деталі.

Традиційна характеристика завантаження кромки різального інструмента товщиною видаленого шару характеризує суто геометричну складову стружкоутворення. Окрім товщини видаленого шару на працездатність різального елемента суттєво впливає напрям його руху. Відомо що у разі коли різальна кромка інструмента на різі, і тільки ковзає вздовж кромки – її зношення буде інтенсивніше ніж у разі зрізання припуску.

Визначення напрямку відносного руху у розрахунковій точці має суттєве значення, так як він характеризує характер взаємодії між інструментом та деталлю. Товщина видаленого матеріалу (товщина зрізу) характеризує тільки геометричну складову процесу видалення припуску. В той же час цей процес проходить у супроводі взаємних рухів інструмента та деталі. Саме ця складова процесу характеризує зношення інструмента, адже при статичному навантаженні різальної кромки, в умовах її відсутності взаємного ковзання інструмента та деталі є відсутній і процес зношення. Якщо внутрішні напруження не перевищують допустимих величин то руйнування різального елемента не виникає. У той же час навіть при відносно невеликих навантаженнях, але при значних величинах відносного ковзання (тертя) спостерігається значний процес зношення спряжених поверхонь.

Отже визначення суто товщини шару у поєднанні з напрямком відносного руху інструмент-деталь дає більш повну характеристику завантаження окремої ділянки різального елемента.

Визначення товщини зрізаного шару

Товщину зрізу будемо визначати по нормалі до початкової інструментальної поверхні у розрахунковій точці [1]. Зв'яжемо з інструментом систему координат $X^T Y^T Z^T$. Вісь Z^T співпадає з віссю обертання дискового інструмента який утворює гвинтову поверхню. Вісь Y^T проходить через розрахункову точку M що належить до

початкової інструментальної поверхні, а вісь X^T доповнює праву трійку ортів системи координат $X^T Y^T Z^T$.

Профіль відомої початкової інструментальної поверхні задано у координатній площині $Y^T Z^T$ параметрами Ri та Zi . Параметр Ri дорівнює радіусу обертання розрахункової точки навколо осі дискового інструмента, а параметр Zi відображає положення розрахункової точки вздовж осі Z^T що співпадає з віссю обертання інструмента. Таким чином у процесі формоутворення розрахункова точка M здійснює обертальний рух по колу радіуса Ri відносно системи координат $X^T Y^T Z^T$.

З деталлю зв'яжемо ортогональну систему координат $X^A Y^A Z^A$ яка орієнтована таким чином. Вісь Z^A співпадає з напрямком очі деталі. Вісь Y^A ортогональна до вісі Z^A і одночасно співпадає з загальним перпендикуляром до осей Z^T та Z^A . Вісь X^A доповнює праву трійку ортів.

Взаємне розташування систем координат $X^A Y^A Z^A$ та $X^T Y^T Z^T$ обумовлено величиною кута ε між осями Z^T та Z^A , та відстанню d між початками координат O^T та O^A . Вісь Y^T системи координат $X^T Y^T Z^T$ завжди проходить через розрахункову точку і її положення задається кутом φ . Система координат $X^D Y^D Z^D$ є допоміжною системою, її призначення спрощення переходу між системами $X^A Y^A Z^A$ та $X^T Y^T Z^T$.

Визначимо положення розрахункової точки M у системі координат $X^T Y^T Z^T$ вектором

$$\vec{r} = \vec{j} \cdot Ri + \vec{k} \cdot Zi .$$

Матриця переходу M_{TD} від системи координат $X^T Y^T Z^T$ пов'язаної з інструментом до допоміжної системи координат $X^D Y^D Z^D$ буде така

$$M_{TD} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} .$$

Тоді у допоміжній системі координат $X^D Y^D Z^D$ положення розрахункової точки M можна визначити вектором \vec{r}_1

$$\vec{r}_1 = M_{TD} \cdot \vec{r} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ Ri \\ Zi \end{bmatrix} ,$$

звідки

$$\vec{r}_1 = -\vec{i} \sin \varphi Ri + \vec{j} \cos \varphi Ri + \vec{k} Zi .$$

Для того щоб перейти від допоміжної системи координат $X^D Y^D Z^D$ до системи координат $X^A Y^A Z^A$ зв'язаної з інструментом запишемо матрицю M_{DA} та вектор паралельного переносу \vec{b} у такій формі

$$M_{D\Delta} = \begin{bmatrix} 0 & -\cos \varphi & \sin \varphi \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix}, \quad \vec{b} = [0 \quad d \quad 0]^T.$$

Тоді у системі координат $X^A Y^A Z^A$ положення точки M буде визначатись вектором \vec{n} який можна знайти як

$$\vec{n} = M_{D\Delta} \cdot \vec{r} + \vec{b} = \begin{bmatrix} 0 & -\cos \varphi & \sin \varphi \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -Ri \cdot \sin \varphi \\ Ri \cdot \cos \varphi \\ Zi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ d \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Виконавши необхідні дії отримаємо радіус-вектор \vec{n} який визначає положення розрахункової точки M у системі координат $X^A Y^A Z^A$ зв'язаної з деталлю

$$\vec{n} = -\vec{i}(\cos \varepsilon \cos \varphi Ri + \sin \varepsilon Zi) - \vec{j}(\sin \varphi Ri + d) + \vec{k}(\sin \varepsilon \cos \varphi Ri + \cos \varepsilon Zi).$$

Введемо до досліджуваних величин напрямок та величину гвинтової подачі. Розкладемо гвинтовий рух подачі на такі складові: прямолінійний рух вздовж осі деталі на величину подачі S_z , рух в напрямку ортогональному до осі деталі на величину конусності деталі, та обертальний рух навколо осі деталі на величину кута ω .

Величину та напрямок прямолінійної складової гвинтового руху позначимо як вектор \vec{c} який можна визначити як $\vec{c} = -\vec{k} \cdot S_z$. Від'ємний знак в компоненті вектора \vec{c} вказує на те що розглядається зворотний рух подачі, то б то визначається положенні розрахункової точки в момент коли вона займала попереднє положення.

Напрямок та величину вектора \vec{K} який враховує конусність гвинтової подачі можна визначити як $\vec{K} = \vec{j} \operatorname{tg} \xi \cdot S_z$, де кут ξ дорівнює куту нахилу гвинтової поверхні.

Кут ω що є величиною обертальної складовою гвинтового руху можливо визначити через параметр p гвинтової поверхні як $\omega = S_z / p$.

Тоді попереднє положення розрахункової точки на величину подачі S_z буде визначатись вектором \vec{w} як сума складових векторів \vec{K} та \vec{c} з урахуванням повороту на кут ω .

Матриця Rot яка математично описує поворот на кут ω така

$$\operatorname{Rot} = \begin{bmatrix} \cos \omega & \sin \omega & 0 \\ -\sin \omega & \cos \omega & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Отже компоненти вектора \vec{w} у системі координат зв'язаної з інструментом будуть такі

$$w_x = -\cos \varepsilon \cdot \cos \varphi \cdot Ri + \sin \varepsilon \cdot Zi + Sz \cdot \sin \omega \cdot \operatorname{tg} \xi,$$

$$w_y = -\sin \varphi \cdot Ri + d + Sz \cdot \cos \omega \cdot \operatorname{tg} \xi,$$

$$w_z = \sin \varepsilon \cdot \cos \varphi \cdot Ri + Zi \cdot \cos \varepsilon - Sz .$$

Отже, вектор \vec{m} який визначає напрям та величину зрізу можна отримати як різницю положень розрахункової точки у поточний момент досліду та у попередній $\vec{m} = \vec{w} - \vec{n}$. Тоді компоненти вектора \vec{m} у системі координат $X^A Y^A Z^A$ зв'язаної з деталлю будуть

$$\vec{m} = [m_x; m_y; m_z]^T ,$$

$$m_x = -\cos \varepsilon \cdot \cos \varphi \cdot Ri + \sin \varepsilon \cdot Zi + Sz \cdot \sin \omega \cdot \operatorname{tg} \xi + \cos \varepsilon \cos \varphi Ri + \sin \varepsilon Zi ,$$

$$m_y = -\sin \varphi \cdot Ri + d + Sz \cdot \cos \omega \cdot \operatorname{tg} \xi + \sin \varphi Ri + d ,$$

$$m_z = \sin \varepsilon \cdot \cos \varphi \cdot Ri + Zi \cdot \cos \varepsilon - Sz - \sin \varepsilon \cos \varphi Ri - \cos \varepsilon Zi .$$

Для того щоб визначити величину зрізу та напрям відносного руху інструмента та деталі необхідно перейти від системи $X^A Y^A Z^A$ зв'язаної з деталлю до системи координат $X^T Y^T Z^T$ зв'язаної з інструментом. Цей перехід виконаємо поступово, спочатку від системи $X^A Y^A Z^A$ до допоміжної системи $X^D Y^D Z^D$, потім від системи $X^D Y^D Z^D$ до системи $X^T Y^T Z^T$ зв'язаної з інструментом.

Перехід від системи $X^A Y^A Z^A$ до допоміжної системи $X^D Y^D Z^D$ можна виконати таким чином

$$\vec{a}_1 = M_{D\Delta}^{-1} \cdot (\vec{m} - \vec{b}) , \quad M_{D\Delta}^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -\cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ \sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix} .$$

Отримавши вектор \vec{a}_1 у допоміжній системі координат $X^D Y^D Z^D$, виконаємо перехід до системи $X^T Y^T Z^T$ зв'язаної з інструментом за таким перетвореннями

$$\vec{a} = M_{TD}^{-1} \cdot \vec{a}_1 , \quad M_{TD}^{-1} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} .$$

Отже вектор \vec{a} відображає напрям та величину результату гвинтового переміщення інструмента відносно деталі за наперед заданий проміжок часу (за період переміщення інструмента на величину подачі S_z).

Результати визначення товщини зрізу

Визначимо характер розподілу зрізаного шару при утворенні конічної гвинтової поверхні з такими параметрами – конусність 15° , гвинтовий параметр 18 дисковим інструментом. Установчі параметри такі: відстань між осями інструмента та заготовки – 30 мм; кут між осями інструменту та заготовки - 60° ; величина подачі – 0,15 мм/зуб.

На рис. 1 подано профіль різальної кромки дискової фасонної фрези у її передній площині та епюру величини зрізаного матеріалу що приходить на один різальний зуб інструмента. Рис. 1,а відображає результати для обробки деталі з кутом нахилу гвинтової канавки $\psi=30^\circ$, рис. 1,б з кутом нахилу гвинтової канавки $\psi=40^\circ$.

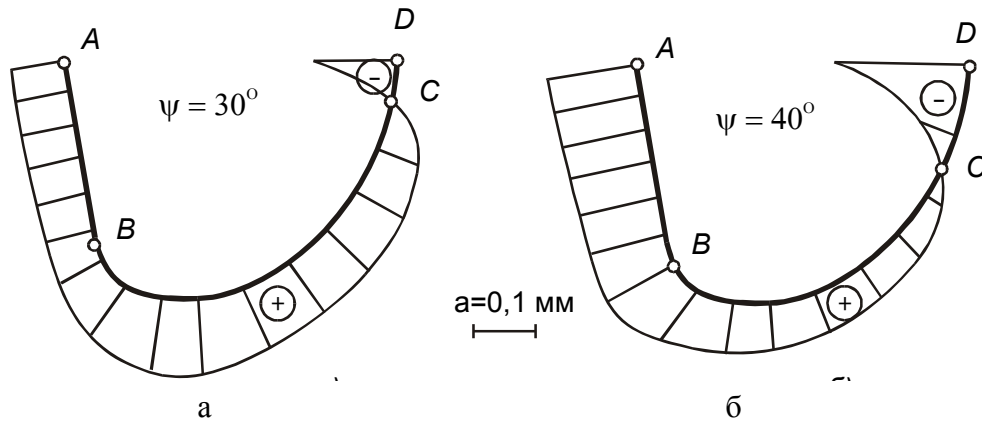


Рис. 1. Розподіл товщини зрізаного матеріалу

Аналіз наведених епюр дозволяє виділити на різальній кромці інструмента такі ділянки. Ділянка AB на якій товщина зрізаного матеріалу майже не змінюється. На ділянці BC товщина зрізаного матеріалу поступово зменшується до нульового значення і на ділянці CD має від'ємний знак. Отже ділянка різальної кромки інструмента від точки C до точки D не зрізає припуск. На протязі усієї ділянки CD інструмент не торкається деталі. Отже для повноцінного утворенні гвинтової канавки ділянку інструмента CD можна зовсім не виконувати.

Порівняння результатів рисунків 1,а та 1,б показує, що чим більшим є кут ψ нахилу гвинтової поверхні, тим більшим буде довжина ділянки CD .

Висновки

Запропонована методика дозволяє визначити товщину зрізаного шару при обробці конічних гвинтових поверхонь, а також напрямку зрізу. Знаючи даний параметр можна спрофілювати дисковий інструмент для рівномірного навантаження різальної кромки, або варіації цього навантаження з певною метою; знайти зв'язок між даною величиною і подачею на зуб; оптимізувати установочні параметри відповідно до заданої оброблюваної поверхні. Таким чином підвищиться надійність інструменту, збільшиться його термін експлуатації. В якості наступних досліджень можуть виступати вплив переточувань інструменту, а також деформацій інструменту та заготовки під час обробки на величину завантаження окремих ділянок інструмента.

Список літератури

1. Лашнев С. И. Профилирование инструментов для обработки винтовых поверхностей., М., «Машиностроение», 1965. – 153 с.
2. Равская Н.С., Родин П.Р., Солодкий В.И. Общая методика определения толщины среза при резании //Резание и инструмент в технологических системах. Международный научно-технический сборник. – Харьков: ХГПУ, 1999, Вып. 53. – С. 131-135.
3. Радзевич С.П., Палагута В.А., Гудман Е.Д. Технология зуборезных работ. – Киев: ИППТМ, 1999. - 298 с.
4. Родін П.Р., Равська Н.С., Ковальова Л.І., Родін Р.П. Різальний інструмент у прикладах і задачах. – Київ: Вища школа, 1994. - 294 с.

5. Сидоров В. Н. Расчет глубины резания при обработке винтовых поверхностей. "Станки и инструмент", №8, 1969г., стр 13.
6. Солодкий В. И. Профилирование дискового инструмента и определение толщины среза при обработке фасонных винтовых поверхностей. Резание и инструмент в технологических системах. Вып. 54. Харьков, ХГПУ, 1999, стр. 218-224.
7. Солодкий В.И. Профилирование дискового инструмента и определение толщины среза при обработке фасонных винтовых поверхностей // Резание и инструмент в технологических системах. Международный научно-технический сборник. – Харьков: ХГПУ, 1999, Вып. 54. – С. 218-224.
8. Тевлин А. М., Слав Л. И. Профилирование дисковой фрезы для обработки конической винтовой поверхности. "Станки и инструмент", №6, 1971г., стр 30.

УДК 678.057

**С.А.Кривко, А.А.Беспалов студ., Д.Д.Рябинін канд.техн.наук
НТУ України „Київський політехнічний інститут” м.Київ, Україна**

ПРО ВИЗНАЧЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛІЕТИЛЕНУ ВИСОКОЇ ГУСТИНИ З УРАХУВАННЯМ ПРИСТІННИХ ЕФЕКТІВ

В данной статье приводятся результаты эксперимента, проведенного на расплаве полиэтилена высокой плотности в цилиндрических каналах некруглой формы, цель которого заключалась в определении влияния пристенных эффектов материала на величину гидравлического радиуса.

Experiment results shown in this article obtained from the flux of high density polyethylene in cylindrical nonround tubes, that object was – to find out wall's effects of material on hydraulic radius influences.

ВСТУП

В наш час поліетилену широко використовуються в промисловості, як матеріал що має більш доцільне економічне використання, порівняно з матеріалами, що використовувались раніше. Внаслідок чого постає необхідність розрахунку обладнання, що здійснює виробництво продукції. При розрахунках найбільш суттєві помилки виникають внаслідок відсутності врахування пристінних ефектів, які мають місце при течії поліетилену високої густини.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Для наочного відображення наявності пристінних ефектів в розплавах поліетиленів високої густини та подальшого аналізу впливу стінок, з метою визначення ступіні та роду впливу, побудуємо криві течії для каналів некруглої форми. Використання таких каналів включає в себе випадки, як течія матеріалу в щілині та каналів з поперечним перерізом, що прямує до форми квадрату, які широко використовуються в промисловості. Для оцінки опору в каналах скористаємось поняттям гідравлічного радіусу.

За допомогою установки, яка призначена для візкозиметричних досліджень та досліджень профілів швидкостей розплавів полімерів [1], за умов ізотермічного процесу, отримуємо залежності витрати розплаву від перепаду тиску по довжині каналу.