

УДК 621

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ РІЗКИ ТОНКОСТІННИХ ТРУБ НА ЗАГОТОВКИ

Савченко Д.М., Петришин А.І., Холявік О.В., Борис Р.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Анотація. Різні способи отримання деталей та напівфабрикатів з тонкостінної трубчастої заготовки мають суттєві недоліки при їх реалізації [1-5]. А саме: втрата металу на прорізний шар, наявність зони термічного впливу, досить низька продуктивність, що як правило суттєво проявляється у масовому та серійному виробництві. У даній роботі розглянуто найбільш перспективний та прогресивний спосіб отримання напівфабрикатів та деталей з тонкостінних трубчастих заготовок – різка у штампах чистим зсувом на пресах. У роботі розглянуто аналітичне визначення параметрів процесу різки тонкостінних труб на заготовки.

Ключові слова: різка, тонкостінні трубчасті заготовки, заготовки, напівфабрикати.

Результати досліджень. Конструкція експериментального пристрою для дослідження процесу різки тонкостінних труб на заготовки складається з двох пар оправок [4].

При обертанні оправок навколо нерухомої осі, яка одночасно являється віссю симетрії тонкостінної трубчастої заготовки, внутрішні оправки разом з деталлю, що відрізається, зміщуються паралельно площині зрізу [4]. Визначальним являється те, що напрямок зміщення безперервно змінюється у процесі обертання зовнішніх оправок, що унеможливує накопичення мікротріщин та руйнування сколом при фіксованих лініях ковзання, що характерні для незмінного напрямку зсуву.

Зазор між внутрішньою і зовнішньою парами оправок дорівнює товщині стінки тонкостінної трубчастої заготовки з урахуванням допуску на товщину та співвідношення внутрішнього і зовнішнього контуру поперечного перерізу.

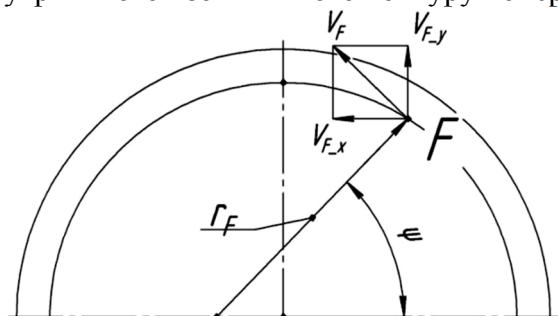


Рис. 1 - Визначення швидкості точки на країці інструменту.

Оправки внутрішньої і зовнішньої пар притискаються у процесі відрізки у площині зрізу завдяки чому виключається гнуття заготовки, що відрізається. В результаті зміщення оправок на заготовці утворюються два серпоподібні надрізи, розміри і форма яких залежить від кута повороту. Зі збільшенням кута повороту площа зрізаних ділянок зростає. Для визначення положення інструменту відносно заготовки авторами запропоновано ввести кілька систем

координат. А саме: першого та другого інструментів, а також система координат заготовки, які являються співвідносними [4]. Щоб розрахувати положення кромки інструменту відносно заготовки, яке визначається характерними точками, авторами роботи запропоновано записати для характерних точок радіус-вектор положення у рухомій системі координат одного з інструментів.

Кожна характерна точка належить одночасно і внутрішній кромці інструменту і внутрішній кромці заготовки, що дозволяє записати систему рівнянь для кожної характерної точки. Розв'язавши дану систему рівнянь, можна знайти кути, які визначають положення кожної характерної точки на кромках інструменту та заготовки.

Для визначення швидкості довільної точки інструменту, положення якої на кромках заготовки характеризується кутом ψ , для початку необхідно знайти її радіус-вектор.

$$r_F = A^6(\varphi) \cdot A^1(e) \cdot A^6(\psi) \cdot A^1(r) \cdot e^4 = \begin{pmatrix} \cos(\varphi) & -\sin(\varphi) & 0 & 0 \\ \sin(\varphi) & \cos(\varphi) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & e \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} \cos(\psi) & -\sin(\psi) & 0 & 0 \\ \sin(\psi) & \cos(\psi) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & r_{ен} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e \cdot \cos(\varphi) + r \cdot \cos(\varphi + \psi) \\ e \cdot \sin(\varphi) + r \cdot \sin(\varphi + \psi) \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Тоді її швидкість визначається за залежністю:

$$V_F = \frac{\partial r_F}{\partial \varphi} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \begin{pmatrix} -r \cdot \sin(\varphi + \psi) - e \cdot \sin(\varphi) \\ r \cdot \cos(\varphi + \psi) + e \cdot \cos(\varphi) \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \times \omega = \begin{pmatrix} V_{F-x} \\ V_{F-y} \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}; \quad (2)$$

Абсолютна швидкість даної точки визначається за залежністю:

$$V_F = \sqrt{V_{F-x}^2 + V_{F-y}^2} \quad (3)$$

Для визначення швидкості в певній точці інструменту необхідно у дану залежність підставити значення кута ψ_i , який відповідає положенню точки інструменту у системі координат S1.

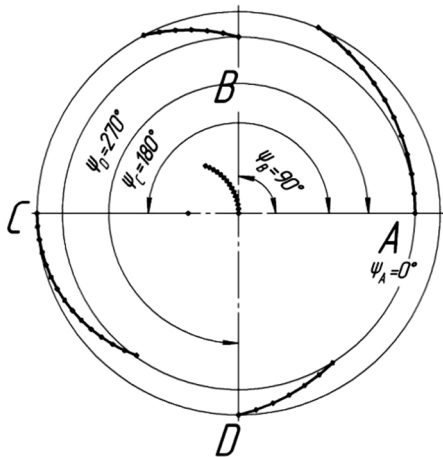


Рис. 2 - Положення характерних точок

Для прикладу, на Рис. 2. Наведено положення точок А ($\psi_A = 0$), В ($\psi_B = 90$), С ($\psi_C = 180$), D ($\psi_D = 270$):

Таким чином, аналізуючи вказані залежності можна зробити висновок, що для точки А положення інструменту, при якому вертикальна складова V_y буде змінювати напрямок на протилежний знаходиться у точці, в якій $V_y = 0$. Для точок А, В, С, D положення інструменту, які відповідають цій умові становлять: точка А – $\varphi = 90^\circ$ та $\varphi = 270^\circ$, точка В – $\varphi = 16^\circ$ та $\varphi = 196^\circ$, точка С – $\varphi = 90^\circ$ та $\varphi = 270^\circ$, точка D –

$\varphi = 166^\circ$ та $\varphi = 346^\circ$

Після того, як для певної точки вертикальна складова змінює свій напрямок, умови відрізання будуть визначатись не вертикальною складовою швидкості, а напрямком і величиною абсолютної швидкості точки інструменту.

Тому у подальшому необхідно побудувати графік зміни абсолютної швидкості точки після того, як зміняться умови різання.

Аналітичне визначення положення інструменту, у якому вертикальна складова швидкості певної точки змінює знак можна знайти з умови:

$$V_y = (r \cdot \cos(\varphi + \psi_i) + e \cdot \cos(\varphi)) \times \omega = 0 \quad (4)$$

звідки маємо:

$$\varphi = \arctan\left(\frac{r \cdot \cos(\psi_i) + e}{r \cdot \sin(\psi_i)}\right) \pm \pi \cdot i, \text{ де } i = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

На основі залежності (5) можна побудувати графіки для внутрішньої крайки інструменту. Наприклад, для точки на зовнішній крайці інструменту точка G з $\psi_i = 242^\circ$ вертикальна складова швидкості V_y буде рівна нулю при куті повороту інструменту $\varphi = 13.92^\circ$ (Рис. 3.).

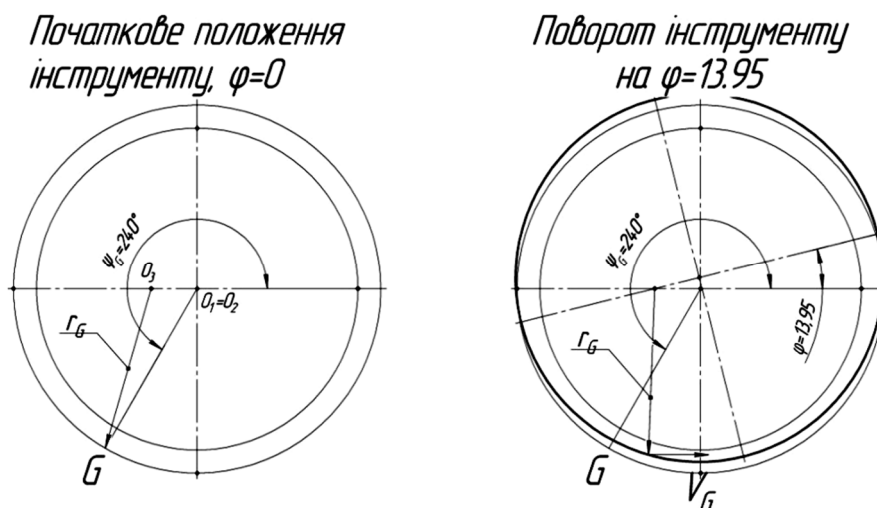


Рис. 3 - Визначення швидкості точки на крайці інструменту

Висновки. У роботі для процесу відділення заготовки від трубчастого напівфабрикату методом відрізки тонкостінних трубчастих заготовок за допомогою двох пар оправок запропоновано використання трьох співвісних систем координат. Визначено закон руху будь-якої точки інструменту, визначена функція переміщення характерних точок перетину. Також запропоновано визначення швидкості будь-якої точки за допомогою її горизонтальної та вертикальної складових. Це дозволяє визначити деформації точок по відношенню до радіус-вектора, швидкості деформацій та їх складові.

Список літератури:

1. Соловцев С.С. Безотходная разрезка сортового проката в штампах / С.С. Соловцев - М.: Машиностроение, 1985.-176 с.
2. Веселовский С.И. Разрезка материалов. - М.: Машиностроение, 1985. - 360 с.
3. №46319 В21D37/00 Способ получения короткой трубчатой заготовки; Авторы: Стеблюк Владимир Иванович, Савченко Дмитрий Николаевич, Розов Юрий Георгиевич, Азарх Илья Павлович, 10.12.2009р. Бюл.№23.
4. Стеблюк В.И., Савченко Д.Н., Шкарлута Д.Б. Последовательность резки тонкостенной трубчатой заготовки сдвигом вращающихся оправок // Вестник национального технического университета Украины «Харьковский политехнический институт». Сборник научных трудов. – Харьков: ХТУ «ХПИ» - 2010. - №43. – С. 141-146.
5. Стеблюк В.И., Савченко Д.Н., Розов Ю.Г., Холявик О.В. Экспериментальные исследования усовершенствованного метода резки трубчатых заготовок одновременным сдвигом и кручением // Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2010. - №1(22). – С. 179-182.