

УДК 621.774.8

*О. С. АНИЩЕНКО, В. В. КУХАР, А. Г. ПРИСЯЖНИЙ, М. Г. КОРЕНКО, Ю. Г. САГИРОВ***РОТАЦІЙНА РОЗДАЧА КВАДРАТНИХ РОЗТРУБІВ НА ТОРЦЯХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТРУБ**

В статті проаналізовані найпоширеніші технології виготовлення гранованих, зокрема, квадратних розтрубів на торцях круглих труб, виявлені їх переваги і недоліки та сформульована доцільність використання технології ротаційної роздачі таких розтрубів. Наведені нові аналітичні формули для розрахунків контурів поперечного перетину інструментів для ротаційної роздачі. За цими формулами можна точніше розраховувати контури трикутника Рьоло, а також краплі, що падає, в перетинах інструменту, що деформує торець труби за рахунок складного обертання біля двох центрів. Вказано, що при ротаційній роздачі неможливо отримати розтруб з перетином у вигляді квадрата ідеальної форми. В кутах квадрата суміжні його сторони будуть сполучатися за певним радіусом спряження, який залежить від відносних розмірів сторін трикутника Рьоло, краплі, відстані між центрами обертання інструменту і стороною розтруба. Експериментами по ротаційній роздачі квадратних розтрубів на алюмінієвих циліндричних трубах доведена доцільність використання інструменту з контуром краплі в поперечному перерізі та формул для розрахунків його розмірів. Запропонована суперформула Йохана Геліса для створення належного контуру краплі за даними нових формул, наведених в статті. Суперформула є універсальною для всіх видів інструментів, що використовують при ротаційній роздачі гранованих розтрубів, і дозволяє конструювати шаблони, за допомогою яких копірально-фрезерними роботами виготовляють деформуючий інструмент.

Ключові слова: ротаційна роздача, труба, розтруб, квадратний, контур, інструмент, суперформула, трикутник Рьоло, крапля, сочевиця.

*А. С. АНИЩЕНКО, В. В. КУХАРЬ, А. Г. ПРИСЯЖНИЙ, М. Г. КОРЕНКО, Ю. Г. САГИРОВ***РОТАЦИОННАЯ РАЗДАЧА КВАДРАТНЫХ РАСТРУБОВ НА ТОРЦАХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТРУБ**

В статье проанализированы наиболее распространенные технологии изготовления граненых, в частности, квадратных раструбов на торцах круглых труб, выявлены их преимущества и недостатки и сформулирована целесообразность использования технологии ротационной раздачи таких раструбов. Приведенные новые аналитические формулы для расчетов контуров поперечного сечения инструментов для ротационной раздачи. По этим формулам можно точнее рассчитывать контуры треугольника Рело, а также падающей капли в сечениях инструмента, деформирующего торец трубы за счет сложного вращения около двух центров. Указано, что при ротационной раздаче невозможно получить раструб с сечением в виде квадрата идеальной формы. В углах квадрата его смежные стороны будут сопрягаться по определенному радиусу, который зависит от относительных размеров сторон треугольника Рело и капли, а также расстояния между центрами вращения инструмента и стороной раструба. Экспериментами по ротационной раздаче квадратных раструбов на алюминиевых цилиндрических трубах доказана целесообразность использования инструмента с контуром капли в поперечном сечении и формул для расчетов его размеров. Предложена суперформула Йохана Геліса для создания надлежащего контура капли по данным формул, приведенных в статье. Суперформула является универсальной для всех видов инструментов, которые используют при ротационной раздаче граненых раструбов, и позволяет конструировать шаблоны, с помощью которых копірально-фрезерными роботами изготавливают деформирующий инструмент.

Ключевые слова: ротационная раздача, труба, раструб, квадратный, контур, инструмент, суперформула, треугольник Рело, капля, чечевица.

*О. S. ANISHCHENKO, V. V. KUKHAR, A. H. PRYSYAZHNYI, M. G. KORENKO, Yu. G. SAHIROV***ROTATIONAL FLARING OF SQUARE TRUMPET AT THE BUTT-END OF CYLINDRICAL PIPES**

The article analyzes the most common technologies for the manufacture of faceted, in particular, square trumpet at the ends of round pipes, identifies their advantages and disadvantages and formulates the feasibility of using the technology of rotational flaring of such trumpet. The new analytical formulas for calculating the cross-section contours of tools for rotational flaring are given. Using these formulas, you can more accurately calculate the contours of the Reuleaux triangle, as well as the falling drop in the cross sections of the tool that deforms the end of the pipe due to complex rotation about two centers. It is indicated that with the rotational flaring it is impossible to obtain a trumpet with a cross section in the form of a square of ideal shape. In the corners of a square, its adjacent sides will mate along a certain radius, which depends on the relative sizes of the sides of the Reuleaux triangle and the drops, as well as the distance between the centers of rotation of the tool and the side of the trumpet. Experiments on the rotational flaring of square trumpet on aluminum cylindrical pipes proved the feasibility of using a tool with a drop contour in cross section and formulas for calculating its dimensions. A Gielsi superformula was proposed for creating a proper drop contour according to the formulas given in the article. The superformula is universal for all types of tools for rotational flaring and allows you to make templates used in copying and milling operations in the manufacture of deforming tools.

Key words: rotational expansion, pipe, trumpet, square, contour, tool, superformula, Reuleaux triangle, drop, lentils.

Вступ. Грановані розтруби квадратного, прямокутного або шестигранного перерізу виготовляють багатоперехідною роздачею кінцевих ділянок циліндричних труб на пресах, якщо використовують заготовки відносно невеликого діаметру та малої довжини. На заготовках великого діаметру (наприклад, для з'єднання компресорів з повітряними провадами для вентиляції) розтруби виготовляють зварюванням або фальцюванням декількох задалегідь гнутих пелюсток (рис. 1).

Технології характеризуються великою трудомісткістю.

Аналіз стану питання. Для умов дрібносерійного виробництва одним з можливих способів виготовлення гранованих, зокрема, квадратних розтрубів на трубах практично необмеженої довжини і досить великого діаметру є ротаційна роздача (РР) торців труб деформуючим інструментом, що має в перетині форму трикутника Рьоло (Reuleaux) і обертається одночасно навколо двох центрів [1, 2]. Утворений на торці труби

© О. С. Аніщенко, В. В. Кухар, А. Г. Присяжний, М. Г. Коренко.
Ю. Г. Сагіров, 2019

розтруб в поперечному перерізі має форму квадрата із закругленими кутами – супереліпса або сквірка [3].

Радіус заокруглення кутів залежить від співвідношення сторони квадрата і трикутника Рьоло, а також відстані між центрами обертання деформуючого інструменту.



Рис. 1 – Квадратні та прямокутникові розтруби на циліндричних трубах

Експерименти по РР квадратних розтрубів на алюмінієвих трубах [1] показали, що спроба зменшити радіус заокруглення кутів квадрата призводить до збільшення кривизни (опуклості) його сторін через недостатню жорсткість обладнання та неузгодженості швидкостей обертання труби та інструменту. Були виконані розрахунки кінематичних параметрів технології РР і геометричних розмірів деформуючого інструменту. Спочатку при аналітичних розрахунках радіуса кривизни і числа сторін M -кутника в перерізі інструменту виходили з умов:

1) інструмент при РР в точності оформляє кути розтруба;

2) в деформованому розтрубі є відхилення його сторони від ідеальної прямої з максимумом в центрі цієї сторони.

Для усунення цього відхилення була запропонована формула [4], згідно з якою слід змінити радіус кривизни сторін трикутника Рьоло в перерізі інструменту.

Спроектвані в подальшому більш жорсткі пристрої, які забезпечували, в тому числі, гарантоване співвідношення кутових швидкостей обертання інструменту навколо двох центрів [5, 6], дозволили зменшити опуклість сторін торців і радіус їх спряження в кутах розтрубів.

Аналіз кінематики відносного руху труби і інструменту в розглянутій технології РР показав [4], що в більш загальному вигляді N -гранні розтруби можна роздавати інструментом з числом кутів в перерізі $M \leq (N-1)$. При цьому необхідно виконання співвідношення:

$$\frac{\beta}{\gamma} = 1 - \frac{N}{M} \quad (1)$$

де β – кутова швидкість обертання осі інструменту, що має M -кутник в перерізі, щодо центру N -гранного розтруба (осі труби)

γ – кутова швидкість обертання вершин M -кутника щодо осі труби.

Наприклад, шестигранний розтруб може бути виготовлений роздачею деформуючими інструментами, які обертаються навколо двох центрів і мають в перерізі контури кривих Персея (рис. 2). Зокрема, такими контурами можуть бути [7]: а) правильний опуклий чотирикутник; б) трикутник Рьоло; в) двокутник в формі сочевиці. Пізніше переважно для пристроїв [5] був винайдений інструмент, що має в перерізі контур однокутника в формі падаючої краплі [8].

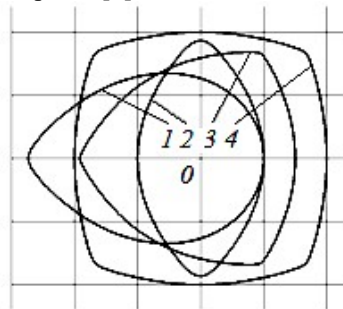


Рис. 2 – Контури перерізу деформуючого інструменту для ротаційної роздачі:

1 – крапля ($M = 1$), 2 – сочевиця ($M = 2$),

3 – трикутник Рьоло ($M = 3$), 4 – сквірка ($M = 4$)

Подальші дослідження показали, що точне оформлення кутів розтрубів металом, що деформується, неможливо як через інтенсивне «завалювання» гострих кутів сполучення суміжних поверхонь інструменту, так і в зв'язку з наявністю мінімально можливого радіуса заокруглення для деформованого металу. Крім того, при аналітичних розрахунках розмірів розтрубів з урахуванням наявності більш точного обладнання [5, 6] необхідно виключити умову відхилення сторони деформованого розтруба від ідеальної прямої. Інакше кажучи, слід ввести припущення, що контури N -гранних розтрубів, утворених при РР, збігаються з контурами сторін правильних N -гранників, а кути розтрубів оформляються трубою, що деформується, з певним радіусом кривизни. Таким чином, деформований розтруб по відношенню до правильного N -гранника буде вписаним в нього, тоді як при попередніх розрахунках передбачалося, що розтруби описують контури N -гранника.

Мета роботи – розрахунок контуру і розмірів перерізу деформуючого інструменту у формі падаючої краплі для ротаційної роздачі квадратних розтрубів на циліндричних трубах.

Основна частина. РР квадратних розтрубів деформуючим інструментом, що має трикутник Рьоло в перерізі (рис. 3), забезпечує найбільш точні розміри розтрубів, якщо медіана трикутника Рьоло дорівнює відстані між протилежними гранями розтруба.

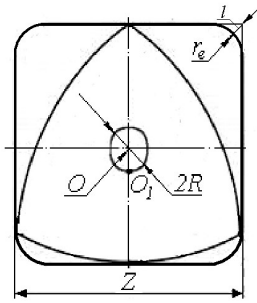


Рис. 3 – Схема створення контуру сквірка обертанням трикутника Рьоло

В цьому випадку для роздачі квадратного розтрубу зі стороною Z інструмент повинен обертатися навколо центра O_1 описаної біля трикутника Рьоло окружності, а центр O_1 – навколо центра труби O відповідно до співвідношення (1) в протилежну сторону і в три рази швидше. Відстань між центрами R дорівнює [9]:

$$R = \left(\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{1}{2} \right) Z \sim 0,077Z. \quad (2)$$

Кожна вершина трикутника Рьоло при складному обертанні навколо двох центрів описує в кутах квадрата дугу еліпса, який має на цих ділянках радіус r_e , що дорівнює:

$$r_e = \left(\frac{2 - \sqrt{3}}{2} \right) Z \sim 0,13Z \quad (3)$$

Строго кажучи, контур, створений обертанням трикутника Рьоло, є сквірком, а відстань вздовж діагоналі квадрата від контуру сквірка до кута квадрата l з урахуванням (3) визначається за формулою:

$$l = Z \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) (\sqrt{2} - 1) \sim 0,055Z. \quad (4)$$

Розглянемо процес РР квадратного розтрубу зі стороною $2A$ на торці циліндричної труби за допомогою інструменту з поперечним перерізом у вигляді краплі, що падає (рис. 4). Обертання краплі навколо двох центрів O і O_1 характеризується або силовим контактом її контуру з однією із сторін квадрата, або формоутворенням по радіусу r_k зон спряження сторін квадрата контурами ділянок, що прилегли до кута краплі. Для визначення параметрів контуру краплі, що деформує торець труби, достатньо розглянути процес формоутворення квадратного розтрубу в межах кута повороту $\beta = 0 \dots 45^\circ$. При цих кутах розраховується перша половина контуру краплі, інша її половина буде симетричним відображенням першої відносно осі FO_1N (рис. 4а).

Поворот центру O_1 навколо центра O на кут $\beta = 45^\circ$ (рис. 4в) супроводжується поворотом краплі

навколо центру O_1 в протилежну сторону на кут $\alpha = 180^\circ = -4\beta$ щодо рухомої осі O_1O . При цьому за принципом суперпозиції $\gamma = \alpha + \beta = -180^\circ + 45^\circ = -135^\circ$, тобто $\gamma = -3\beta$, що відповідає співвідношенню (1).

Особливістю формоутворення квадратного контуру краплею є те, що вершина краплі F до та після оформлення кутових контурів квадрату по радіусу r_k не повинна при подальшому обертанні віддалятися від осей x , і y на відстань, що перевищує A .

Контур, який створює точка F при обертанні навколо центрів O і O_1 (рис. 5) в параметричному вигляді описується формулами:

$$x = R \cos \beta - k \cos(-3\beta); \quad (5)$$

$$y = R \sin \beta - k \sin(-3\beta). \quad (6)$$

Прирівнявши до нуля похідні x' та y' по куту β , отримаємо значення кутів β_y , β_x , при яких точка F має координати $y_{\beta_y} = A$ (рис. 4б) і $x_{\beta_x} = A$.

$$\beta_x = \arcsin \sqrt{\frac{9k-R}{12k}}, \quad (7)$$

$$\beta_y = \arccos \sqrt{\frac{9k-R}{12k}}, \quad (8)$$

де R – радіус обертання краплі навколо центру O квадрата;

k – відстань від центру O_1 краплі вздовж осі FN до її вершини (кута).

Між цими кутами β_x , β_y контур розтрубу буде оформлений по радіусу r_k , який визначається за формулою:

$$r_k = \frac{(x'^2 + y'^2)^{3/2}}{y''x' - y'x''}, \quad (9)$$

де x'' та y'' – другі похідні по x та y .

Контури, що зображені на рис. 5, показують, що при заданому A недоцільно вибирати $R < 0,6A$ через занадто великий проміжок s між кутом квадрата та контуром, який має радіус r_k . З іншого боку, проміжок s не може бути як завгодно малим, оскільки значення r_k лімітовані пластичністю матеріалу труби та формою інструменту.

Радіус r_k тим менше, чим більше R і менше k (рис. 5). Занадто велика відстань R між центрами обертання краплі обумовлює досить малі величини радіусу r_k та кута при вершині F краплі, тобто й мале значення s . Це може привести, по-перше, до зминання або руйнування занадто гострого кута F краплі, а по-друге, до виникнення тріщин в розтрубі із-за силового впливу цього кута на матеріал труби.

Отже оптимальним буде діапазон $R = (0,6 - 0,8)A$ і, відтак, $r_0 = A - R = (0,4 - 0,2)A$.

Для відтворення прямолінійних сторін розтрубу при обертанні краплі її розмір r_β (рис. 4а) повинен в межах кутів $\beta = 0 - \beta_y$ і $\beta = \beta_x - 90^\circ$ (рис. 5) відповідати співвідношенню:

$$r_\beta = \frac{A - R \cos \beta}{\cos \beta}. \quad (10)$$

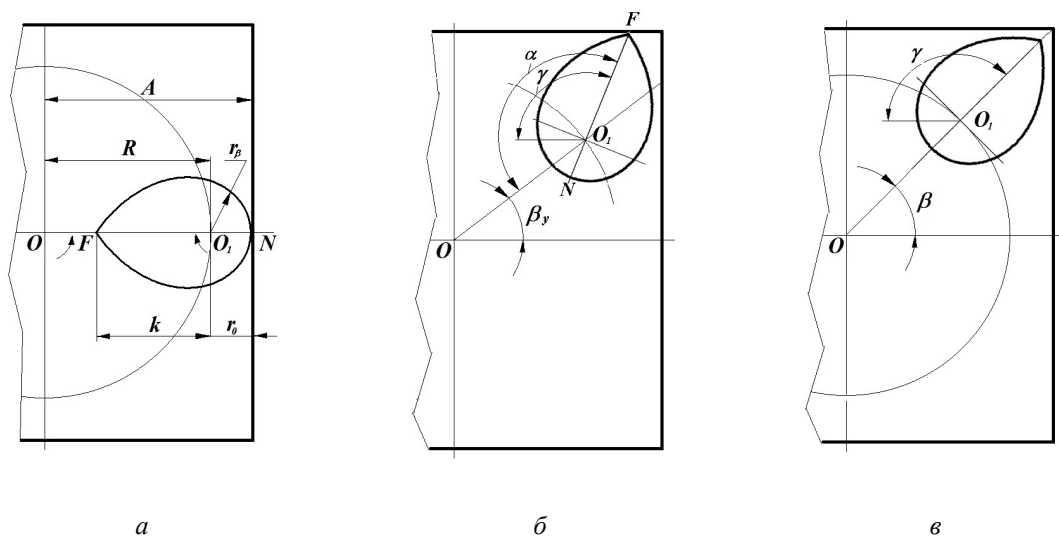


Рис. 4 – Стадії оформлення квадратного контуру розтруба краплею, що обертається:
 $A = 10, R = 8, k = 5,55, r_o = 2$; а) $\beta = 0^\circ$; б) $\beta = 37,47^\circ$; в) $\beta = 45^\circ$ обертання

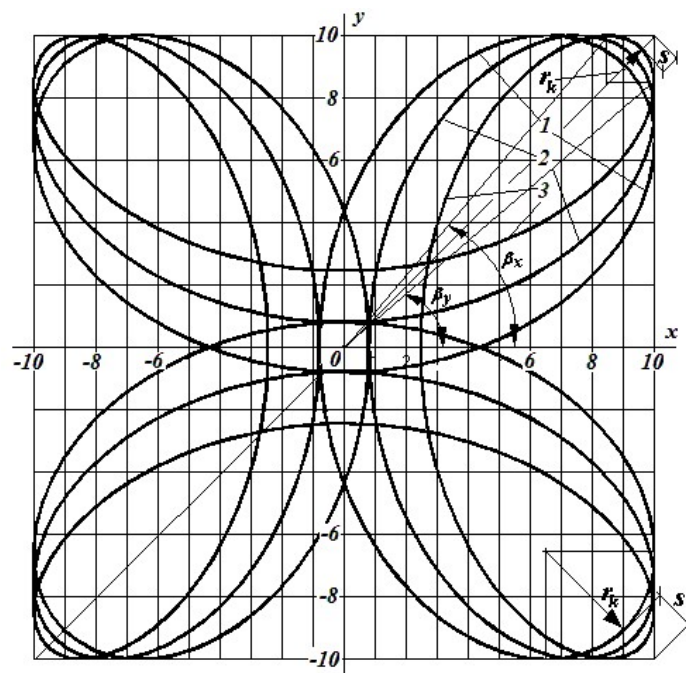


Рис. 5– Контури, які створює вершина F краплі при складному обертанні навколо центрів O і O_1 згідно з формулами (5)...(8) для роздачі квадратного розтрубу з $A=10$: 1 – $R = 6, k = 6,8$; 2 – $R = 7, k = 6,2$; 3 – $R = 8, k = 5,55$

В межах кутів $\beta = \beta_y \dots \beta_x$ контур розтрубу створюється кутом краплі F .

Але при виготовленні інструменту контур краплі доцільно будувати не за формулою (10), а як функцію радіуса r_β , що обертається навколо центру O_I . Оскільки швидкість обертання краплі навколо центру O_I в три рази більше, ніж навколо центру O , то значення r_β , отримані за формулою (10), відносяться до кутів обертання навколо центру O_I , які втричі більші, ніж кути β . Тобто значення r_β , наприклад, для кутів $\beta = 0 \dots 37,47^\circ$ (рис. 4) при побудові краплі відповідають інтервалу кутів $-3\beta = 0 \dots -112,41^\circ$. Між кутами в інтервалі $-112,41^\circ \dots -180^\circ$ контур краплі повинен бути прямою лінією (тобто не опуклим), тому що формоутворення розтрубу здійснюється тільки силовим впливом кута F краплі. В межах кутів $-180^\circ \dots -360^\circ$ контур краплі симетричний відносно осі $FO_I N$.

Для опису контурів деформуючих інструментів (рис. 2), крім співвідношень (5)...(10), використовувалися формули [1, 4, 7] з різними точками відліку і системами координат. Однак існує універсальне рівняння – суперформула Й. Геліса (J. Gielis) [3], яка дозволяє описувати всі можливі форми перерізу деформуючого інструменту (рис. 2), наприклад, в полярних координатах як функцію радіус-вектору r_G від кута β при відповідних розрахунках значень коефіцієнтів, що входять в суперформулу:

$$r_G = \left\{ \left[\left(\left| \frac{1}{a} \cos \left(\frac{K}{4} \beta \right) \right| \right)^{n_2} + \left(\left| \frac{1}{b} \sin \left(\frac{K}{4} \beta \right) \right| \right)^{n_3} \right]^{\frac{1}{n_1}} \right\}, \quad (11)$$

де n_1, n_2, n_3 – коефіцієнти, що визначають форму кривої;

a, b – габарити (величини напівосей);

K – коефіцієнт, який визначає число фрагментів, що повторюються.

Для експериментальної перевірки отриманих розрахунків на прикладі РР квадратних розтрубів зі стороною $2A = 200$ мм на торцях труб $\varnothing 180 \times 2,5$ мм і $\varnothing 190 \times 2,5$ мм з алюмінієвого сплаву АД1 був виготовлений конусний інструмент. Контур поперечного перерізу в інструменті виготовляли за допомогою шаблону, який мав форму краплі, створену суперформулою (11) на основі розрахунків за формулами (5)...(10). Для цих розрахунків використовували вихідні параметри: $R = 80$ мм, $k = 55,5$ мм, $r_o = 20$ мм, $\beta_x \sim 37,5^\circ$, $\beta_y \sim 52,5^\circ$, $r_k = 22,8$ мм при $\beta = 45^\circ$ і $r_k = 21,7$ мм при $\beta_x \sim 37,5^\circ$ і $\beta_y \sim 52,5^\circ$. З урахуванням наведених параметрів суперформула апроксимації мала наступні значення коефіцієнтів: $a = b = 9$, $K = 0,68$, $n_1 = 3,21$, $n_2 = n_3 = 22$.

Порівняння експериментальних та розрахункових даних показало, що контури розтрубів на центральних ділянках сторін практично співпадають (похибка не перевищує 8%). Радіуси r_k в експериментах на трубах діаметром 180 мм і 190 мм коливаються в межах відповідно 22,5...25,5 мм і 22,0...24,5 мм. Отже вони тим більше співпадають з розрахунковими величинами, чим менше відрізняється діаметр труби від сторони розтрубу.

Недоліком інструменту з контуром краплі в перерізі є нерівномірне зношування його бокових поверхонь, які деформують центральні зони розтрубу обкочуванням, а кутові – обкочування з ковзанням. В наслідок ковзання більш інтенсивно зношуються ділянки, суміжні з конусним ребром інструменту, яке виникло в ньому з-за наявності вершини краплі. При цьому гострий кут краплі перетворюється в радіусний контур, частково зменшується точність розмірів розтрубу, погіршується якість його внутрішньої поверхні.

Але цей інструмент має меншу металоемність, ніж трикутник Рьоло або сочевиця. Його головна перевага – можливість застосування одразу на двох сателітах планетарного пристрою для ротаційної роздачі [5]. Оскільки в цьому випадку для роздачі розтрубу зі стороною $2A$ виконується нерівність $r_o + k < A$, то інструменти не будуть заважати один одному при деформуванні труби. Симетричні відносно центру O сили дії інструменту на розтруб усувають радіальні навантаження на трубу та пристосування для її затиску і, тим самим, суттєво збільшують точність розмірів розтрубу.

Висновки. Для ротаційної роздачі квадратних розтрубів на циліндричних трубах запропонований новий інструмент, який в поперечному перерізі має контур у формі краплі, що падає. Наведені розрахунки розмірів цього контуру та співвідношення між ними, а також відстанню між двома центрами обертання інструменту та розмірами квадратного розтрубу. Надані коефіцієнти апроксимації розрахунків контуру інструменту в поперечному перерізі суперформулою Йохана Геліса.

Список літератури

1. Анищенко А.С., Андрущенко А.П. Ротационная раздача квадратных раструбов на цилиндрических трубах. *Судостроительная промышленность. Серия: Материаловедение*. Л.: ЦНИИКМ «Прометей». 1990. Вып. 13. С. 46–50.
2. А.с. 1426676. СССР. МПК В21D41/02. Способ ротационной раздачи квадратных раструбов на цилиндрических трубах. / Анищенко А.С. [и др.]. – Опубл. 30.09.1988, Бюл. №36. – 8 с.
3. Gielis J., Beirinckx B., Bastiaens E. Superquadrics with Rational and Irrational Symmetry. *Published 2003 in symposium on Solid Modeling and Application*. P. 262–265.
4. Анищенко А.С., Андрущенко А.П. Ротационная раздача граничных раструбов на трубчатых заготовках. *Вестник машиностроения*. 1991. №5. – С.54–55.
5. А.с. 1375383. СССР. МПК В21D41/02. Способ развальцовки трубчатых заготовок и устройство для его осуществления. / Анищенко А.С. [и др.]. – Опубл. 23.02.1988, Бюл. №7. – 8 с.
6. А.с. 1516191. СССР. МПК В21D41/02. Устройство для развальцовки трубчатых заготовок. / Анищенко А.С. [и др.]. – Опубл. 23.10.1989, Бюл. №39. – 7 с.
7. Анищенко А.С., Ткачев Р.О. Совершенствование ротационной раздачи граничных раструбов на трубчатых заготовках. *Защит металлургийних машин від поломок: Міжвуз. зб. наук. пр.* Маріуполь: 2011. №13. С. 210–215.
8. Пат. України на корисну модель №125924. МПК В21D41/02. Пристрій для ротаційної роздачі розтрубів./ Аніщенко О.С., Кухар В.В., Присяжний А.Г.– Опубл. 25.05.2018, Бюл. №10.– 5 с.
9. https://uk.wikipedia.org/wiki/Трикутник_Рело.

References (transliterated)

1. Anishchenko A.S., Andriushchenko A.P. Rotatsionnaya razdacha kvadratnykh rastrubov na tsilindricheskykh trubakh [The manufacture of square trumpet expansion method using rotary deformation]. Sudostroitel'naya promyshlennost. Seriya Materialovedenie. Leningrad. TsNIIKM "Prometey". 1990. Vyp. 13. – P. 46–50.
2. A.s. 1426676 SSSR. MPK B21D41/02. Sposob rotatsionnoy razdachy kvadratnykh rastrubov na tsilindricheskykh trubakh [The method of rotational distribution of square trumpet on cylindrical tubes]. Anishchenko A.S. [i dr.]. Opubl. 30.09.1988. Bul. No36. – 8 p.
3. Gielis J., Beirinckx B., Bastiaens.E. Superquadrics with Rational and Irrational Symmetry. Published 2003 in symposium on Solid Modeling and Application. – P.262–265.
4. Anishchenko A.S., Andriushchenko A.P. Rotatsionnaya razdacha granenyykh rastrubov na trubchatykh zagotovkakh [Rotary distribution of faceted bells on tubular blanks]. Vestnyk mashinostroeniya. 1991. No5. – P. 54–55.
5. A.s. 1375383 SSSR. MPK B21D41/02. Sposob razval'tsovky trubchatykh zagotovok i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [Method of flaring tubular blanks and device for its implementation]. Anishchenko A.S. [i dr.]. Opubl. 23.02.1988. Bul. No7. – 8 p.
6. A.s. 1516191 SSSR. MPK B21D41/02. Ustroystvo dlya razval'tsovky trubchatykh zagotovok [Device for expanding tubular blanks]. Anishchenko A.S. [i dr.]. Opubl. 23.10.1989. Bul. No39. – 7 p.
7. Anishchenko A.S., Tkachov R.O. Sovershenstvovanye rotatsionnoy razdachy granenyykh rastrubov na trubchatykh zagotovkakh [Improvement of the rotational distribution of faceted sockets on tubular blanks]. Zahyst metalurgichnykh mashyn vid polomok: Mizhvuz. zb. nauk. prats. Mariupol: 2011. No13. P. 210–215.
8. Patent Ukrainy na korysnu model No125924. MPK B21D41/02. Prystriy dlya rotatsionnoy rozdachy roztrubiv [Device for rotational distribution of bells]. Anishchenko A.S., Kukhar V.V., Pryisyazhnyi A.G. [i dr.]. Opubl. 25.05.2018. Bul. No10. – 5 p.
9. https://uk.wikipedia.org/wiki/Tryikutnyk_Relo [Triangle Reuleaux].

Надійшла (received) 06.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Аніщенко Олександр Сергійович (Анищенко Александр Сергеевич, Anishchenko Oleksandr Serhiiovych) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Державний вищий науковий заклад «Приазовський державний технічний університет», доцент кафедри обробки металів тиском, Маріуполь, Україна, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1350-836X>, e-mail: aas540628@gmail.com

Кухар Володимир Валентинович (Кухарь Владимир Валентинович, Kukhar Volodymyr Valentynovych) – доктор технічних наук, професор, Державний вищий науковий заклад «Приазовський державний технічний університет», завідувач кафедри обробки металів тиском, Маріуполь, Україна, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4863-7233>, e-mail: kvv.mariupol@gmail.com

Присяжний Андрій Григорович (Присяжний Андрей Григорьевич, Pryisyazhnyi Andrii Hryhorovych) – кандидат технічних наук, Державний вищий науковий заклад «Приазовський державний технічний університет», доцент кафедри обробки металів тиском, Маріуполь, Україна, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8062-075X>, e-mail: agr87514@gmail.com

Коренко Марина Георгіївна (Коренко Марина Георгиевна, Korenko Marina Georgievna) – кандидат технічних наук, доцент, Криворізький металургійний інститут Національний металургійної академії України, доцент кафедри металургійних технологій, Кривий Ріг, Україна, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2931-4076>, e-mail: marinak2010@bk.ru

Сагіров Юрій Георгійович (Сагиров Юрий Георгиевич, Sahirov Yurii Georhiiovych) – кандидат технічних наук, доцент, Державний вищий науковий заклад «Приазовський державний технічний університет», доцент кафедри підйомно-транспортних машин і деталей машин, Маріуполь, Україна, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8854-0639>, e-mail: sagirov1978@ukr.net