

УДК 621.983.044

О.І. Горбенко, інженер,

І.І. Горбенко, канд. техн. наук, дійсний член АІНУ,

В.В. Чигиринський, д-р техн. наук, професор,

В.І. Дубина, канд. техн. наук, професор

ЗНТУ «Запорізький національний технічний університет», м. Запоріжжя, Україна

ГНУТТЯ ПРЯМОКУТНИХ ТРУБ

В статті приведений аналітичний огляд технологічних способів гнуття труб з висвітлення переваг та недоліків кожного способу, а також пропозиції по їх удосконаленню.

В основу запропонованого способу поставлена задача, яка полягає у спрощенні процесу гнуття, підвищенні якості виготовлених деталей та зниження їх собівартості.

Рішення задачі виконується за допомогою запатентованого штампа для гнуття прямокутних труб.

Ключові слова: гнуття, прямокутні труби, штамп, кувальне штампувальне обладнання.

Вступ. Виробництво автомобільної, сільськогосподарської, авіаційної, суднобудівної техніки, залізничного транспорту, зведення ангарів, навісів, козирків, малих архітектурних форм та таке інше зв'язане з застосуванням великої кількості гнутих трубних деталей.

В технічній літературі наводяться деякі засоби та способи гнуття труб.

В.П. Романовський [1] показує гнуття труб на пристосуваннях між двома роликми (рисунок 1, а), або на спеціальних машинах для гнуття труб з нерухомою оправкою ложкоподібної форми (рисунок 1, б), або в штампах (рисунок 1, в).

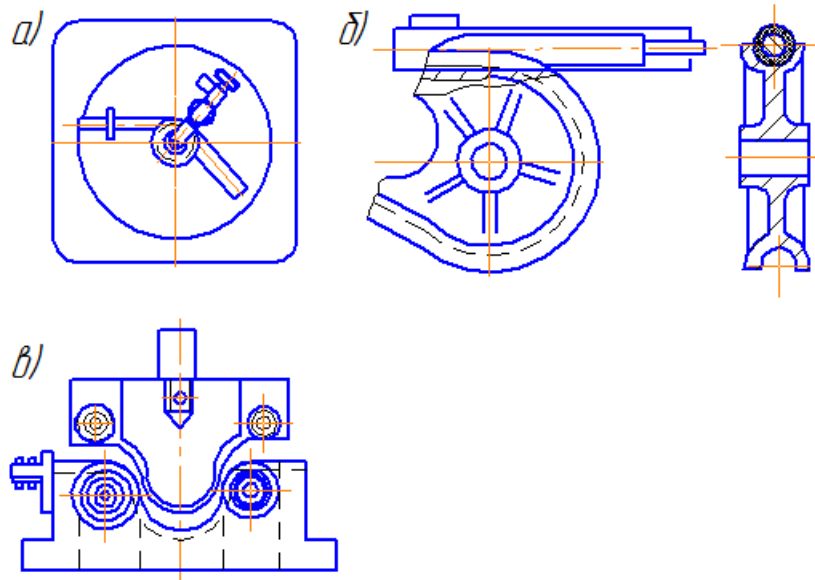


Рисунок 1 – Способи гнуття труб: а) на пристосування між двома роликми; б) на спеціальних машинах з нерухомою оправкою ложкоподібної форми; в) на штампах;

В процесі гнуття поперечний переріз труби сильно деформується. Товщина стінки з зовнішньої сторони зменшується, а з внутрішньої збільшується. При гнутті з наповнювачем або оправкою переріз труби залишається круглим, але різностороннім. При гнутті без наповнювача переріз труби сплющується і набуває овальну форму. При гнутті тонкостінних труб проходить утворення складок з внутрішньої сторони коліна в результаті втрати стійкості.

Іноколи зустрічаються випадки гнуття труб прямокутного перерізу при малому радіусі закруглення (рисунок 2).

Таке гнуття виконується за допомогою наповнювача у вигляді пачки тонких сталевих полірованих пластин товщиною від 0,2 до 1,0 мм.

Пакет пластин шліфують по внутрішньому розміру труби, вводять в трубу за допомогою двох затяжних лент і розклинають клинами товщиною від 0,5 до 3,0 мм.

Гнуття проводять на гідравлічних або спеціальних пресах в матриці з боковими шоками-обмежувачами. Після гнуття спочатку витаскують клини, а потім пластини.

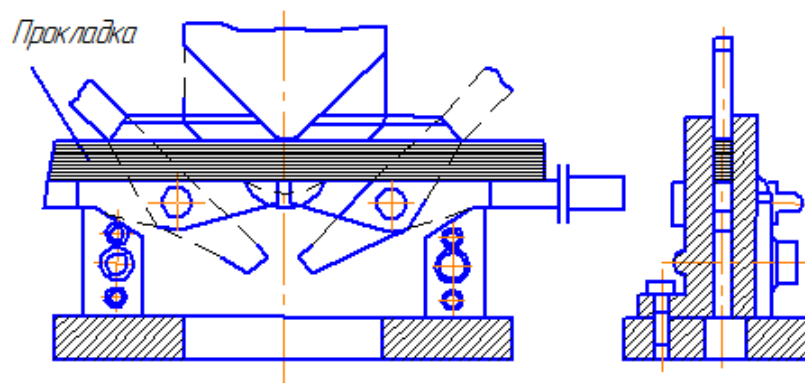


Рисунок 2 – Гнуття труб прямокутного перерізу в штампі з шарнірною матрицею

Показані пристрої для гнуття труб мають ряд недоліків. Конструкція штампів складна, процес штамповки виконується за декілька прийомів. Для уникнення деформації поперечного перерізу оброблюваних деталей застосовують складні коштовні процеси підготовки труб для їхнього гнуття, в тому числі використання наповнювачів. Таким чином процеси гнуття мають високу трудомісткість, залежність якості виготовлених деталей від спеціальної попередньої підготовки.

Б.Н. Глухов, С.Г. Фролов, В.А. Климина [2] показують спосіб гнуття труб переважно на малий радіус за рахунок застосування збірного легкоплавкого наповнювача з різним ступенем твердості. Спосіб складається з того, що спочатку в трубу на частину її перетину вводять один легкоплавкий наповнювач, а після його затвердіння в решту місткості вводять другий більш пластичний наповнювач. В якості наповнювачів можна використовувати полі етиленгліколь та парафін. При гнутті менш пластичний матеріал розміщують зі сторони меншого радіусу гнуття.

При використанні різних по твердості і обумовлено розташованих по периметру труби наповнювачів порушують симетрію жорсткості труби відносно її осі і в результаті при пластичному гнутті нейтральний шар гнуття зміщується в сторону наповнювача з більшою твердістю. При зміщенні нейтрального слою до внутрішнього контуру гнуття труби зменшується стиснення внутрішнього контуру, що попереджує створення складок та дозволяє виконувати гнуття на малі радіуси.

Змінюючи розміщення двох наповнювачів, їх твердість та відсоткове співвідношення, а також пластичність можна створювати необхідне стиснення внутрішнього контуру гнуття труби і розтягання зовнішнього. Використання цього способу гнуття труб забезпечує в порівнянні з існуючими способами можливість гнуття труб на універсальнім обладнанні з радіусом гнуття менше 5 діаметрів, що дозволяє економити на виготовленні спеціальних засобів технологічного забезпечення до верстатів гнуття труб та часу на підготовку виробництва, а також збільшення ресурсу роботи труб в 1,5-2 рази за рахунок збереження якості внутрішньої поверхні труби в порівнянні з виготовленням труби на верстаті для гнуття труб методом намотування з дорном.

Цей спосіб гнуття труб має ряд недоліків, в тому числі потребує додаткового нагрівання трубного виробу після деформування для видобування з нього наповнювачів, летючі сполучення та пари які можуть бути токсичними, а також відрізняється високою трудомісткістю.

В.І. Одиноков, В.М. Козин, С.А. Тимашев, Б.М. Марьин [3] запропонували спосіб гнуття тонкостінних труб з замороженим наповнювачем, який виключає пошкодження внутрішньої поверхні труби, спрощує та здешевлює технологію підготовки труби до її гнуття, а також виключає зміну форми труби до її гнуття. Спосіб гнуття використовується таким чином. Перед гнуттям трубу заповнюють наповнювачем, який включає в себе воду і змішану з нею деревну тирсу, наприклад, з листвениці. Щільність цієї тирси близька до щільності води, що дозволяє рівномірно розподілити її в ємкості води. Після цього кінці труби заглушають пробками і разом з наповнювачем заморожують. Тирсу попередньо змішують з водою в такій пропорції, при якій збільшення ємкості наповнювача внаслідок його заморожування до потрібної температури, тобто до досягнення наповнювачем необхідної міцності на стискання, не приводило до зміни форми тонкостінної труби, особливо чутливої до ємкості розширення наповнювача. Після цього виконується процес гнуття за допомогою відомих улаштувань та способів.

Процес гнуття з використанням наповнювача з води і змішаною з нею деревною тирсою має ряд недоліків. Процес гнуття має високу трудомісткість, залежність якості виготовлених деталей від спеціальної попередньої підготовки.

М.П. Казенкин [4] приводе спосіб гнуття профільних прямокутних труб шляхом почергового нагрівання послідовно розміщених ділянок труби, починаючи з краю і прикладанням зусиль до ділянок профільної прямокутної труби за областю гнуття.

Сутність способу характеризується рисунком 3.

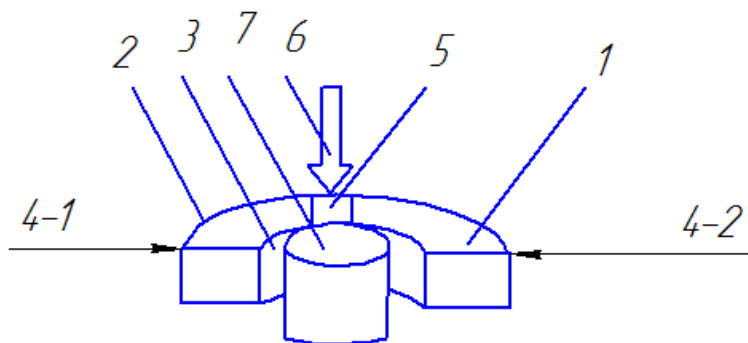


Рисунок 3 – Гнуття профільних прямокутних труб шляхом почергового нагрівання послідовно розміщених ділянок труби

На фігурі показані: профільна прямокутна труба 1, зовнішня грань 2 профільної прямокутної труби, внутрішня грань 3 профільної прямокутної труби, зусилля 4-1,4-2 до ділянок профільної прямокутної труби 1 за областю гнуття, ділянка 5 з послідовно розміщених ділянок зовнішньої грані профільної прямокутної труби 1 в області гнуття, джерело 6 нагрівання елементарних ділянок зовнішньої грані профільної прямокутної труби 1 в області гнуття, масивна оправка 7, розміщена зі сторони внутрішньої грані 3 профільної прямокутної труби 1 в області гнуття.

Виконується спосіб таким образом. Спосіб використовується переважно для гнуття сталених тонкостінних (2-3) мм. профільних прямокутних труб. Перед гнуттям, яке виконується шляхом прикладання зусиль 4-1,4-2 до ділянок труби за областю гнуття, температуру змінюють шляхом нагрівання послідовного розміщення ділянок 5 зовнішньої грані профільної прямокутної труби 1 в області гнуття, починаючи з її краю.

Прикладання зусиль 4-1,4-2, до ділянок труби за областю гнуття проводять після нагрівання чергового із послідовно розміщених ділянок зовнішньої грані профільної прямокутної труби в області гнуття. А гнуття проводять з використанням відносно масивної оправки 7, розміщеної зі сторони внутрішньої грані 3 профільної прямокутної труби в області гнуття.

Масивна оправка 7 крім основної функції формування необхідного радіусу кривизни в області гнуття необхідна для відведення тепла від внутрішньої грані 3, яка не повинна сильно нагріватися і, отже, розширятися в результаті нагрівання.

Нагрівання послідовно розміщених ділянок зовнішньої грані профільної прямокутної труби 1 в області гнуття доводять до температури 800-900°C для більшості найбільш часто використовуваних марок сталі, використаних при виготовленні профільних прямокутних труб.

Для труб товщиною 2-3 мм., ширину кожного із послідовно розміщених ділянок 5 зовнішньої грані 2 профільної прямокутної труби 1 в області гнуття доцільно вибрати рівною 100-120 мм.

Експериментально встановлено. Що оптимальною швидкістю гнуття профільної труби являється швидкість 10-12 мм/хв. Це означає, що гнуття труби на кожному із послідовно розміщених ділянок 5 зовнішньої грані 2 профільної прямокутної труби в області гнуття після їх нагрівання доцільно проводити на протязі 10 хв.

Цей спосіб потребує складного устаткування для нагрівання та значних енерговитрат.

Горбенко І.І., Горбенко О.І., Осіпчук Ю.В., Стрелковський В.В. [5, 6] запропонували спосіб та засіб одночасного сплющування та гнуття прямокутних трубних заготовок. В основу запропонованого способу поставлена задача, що полягає у спрощенні процесу гнуття, підвищення якості виготовлювальних деталей та зниження їх собівартості.

Задача вирішується тим, що операція сплющування та гнуття виконується на штампі, при цьому труба розміщується на опірних затискних роликах між передньою рухомою і задньою нерухомою бічними стінками, при чому відстань між бічними стінками встановлюється перестановкою передньої рухомої бічної стінки на максимальний розмір ширини труби, щоб центр гнуття труби знаходився на вертикальній осі згинального пуансона, а згинальний пуансон посередині радіусної поверхні виконується з виступом.

Запропонований спосіб пояснюється представленими фігурами креслення:

На рисунку 4 зображено положення прямокутної труби в момент початку процесу гнуття;

На рисунку 5 зображено переріз А-А рисунка 4.

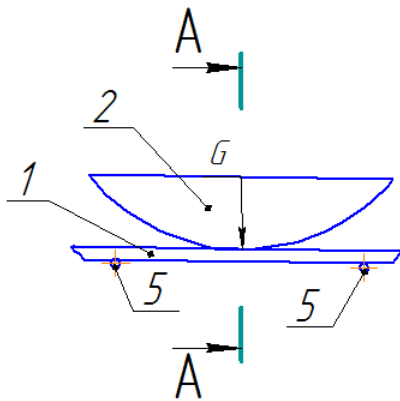


Рисунок 4 – Положення прямокутної труби в момент початку процесу гнуття

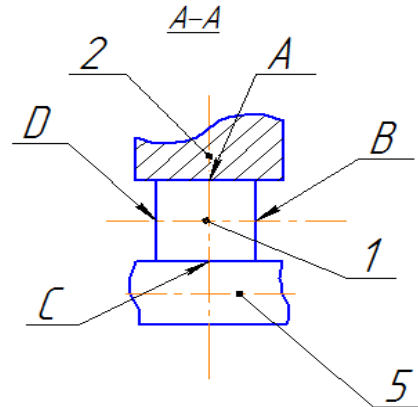


Рисунок 5 – Переріз А-А рисунка 4

На рисунку 6 зображено положення прямокутної труби в процесі гнуття. На рисунку 7 зображено переріз Б-Б рисунка 6.

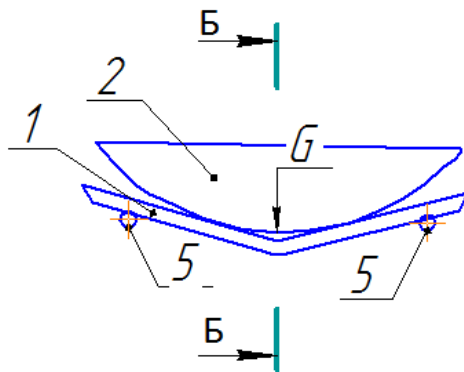


Рисунок 6 – Положення прямокутної труби в процесі гнуття

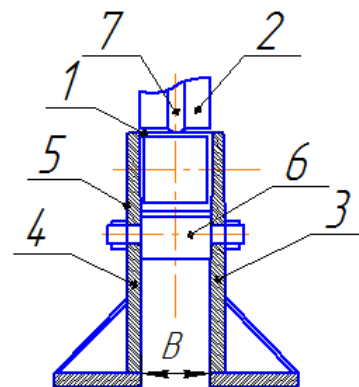


Рисунок 7 – Переріз Б-Б рисунка 6

На рисунку 8 зображений переріз штампу для гнуття прямокутних труб. На рисунку 9 зображений переріз прямокутних труб після гнуття.

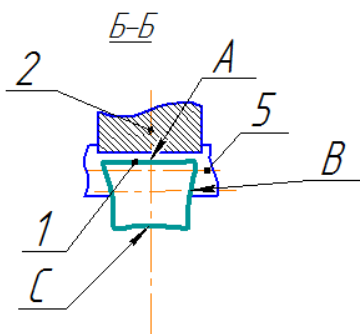


Рисунок 8 – Переріз штампу для гнуття прямокутних труб

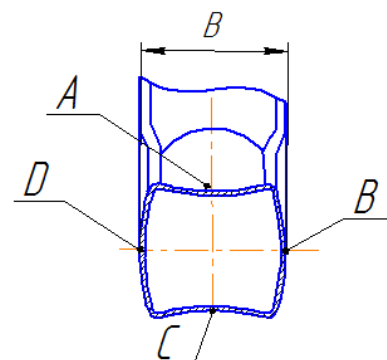


Рисунок 9 – Переріз прямокутної труби після гнуття

При гнутті прямокутної труби, під впливом згинаючого зусилля G (рисунк 4) на стінку A прямокутної труби (рисунк 5, переріз $A-A$), волокна стінок B і D , що знаходяться за осьовою лінією прямокутної труби ближче до центру радіуса гнуття, стискаються. Оскільки зусилля, що необхідне для стискання стінки A прямокутної труби, значно перевищує зусилля, що необхідне для згинання стінок B і D , вони при гнутті згинаються у напрямках, перпендикулярних напрямку прикладання згинаючого зусилля G (рисунк 6), а стінка A зламється (рисунк 6, переріз $B-B$).

Для того щоб уникнути зламування труби, необхідно запобігти згинанню стінок В і D, яке призводить до збільшення початкового розміру ширини «b» профілю труби (рисунок 7), та задати попередній прогин стінки А труби у середину профілю. Для цього матриця штампа виконується розмінною, і до початку гнуття її бокові стінки затискають до розміру ширини профілю «b» за допомогою нарізних з'єднань опірних затискних роликів. А попередній прогин стінки А труби у середину профілю досягається завдяки наявності виступу на всій радіусній поверхні згинального пуансона.

Процес гнуття здійснюється на штампі (рисунок 8).

Штамп для гнуття прямокутних труб 1 містить: згинальний пуансон 2, передню рухому бічну стінку матриці 3, задню нерухому бічну стінку матриці 4, два опірні затискні ролики 5, що закріплені гайками 6, згинальний пуансон 2 має по всій радіусній поверхні виступ 7.

Штамп прив'язується на гідравлічний прес. Запропонований спосіб здійснюється наступним чином. При розкритому штампі шток преса встановлюється у верхнє положення, прямокутна труба 1 розміщується на опорно-затискаючих роликах 5 між бічними стінками 3 і 4 таким чином, щоб центр гнуття труби знаходився на вертикальній осі згинального пуансона 2. Відстань між бічними стінками 3 і 4 дорівнює максимальній ширині «b» (тобто її номінальному розміру плюс максимальний допуск). При русі штока преса вниз виступ 7 згинального пуансона 2 спочатку в місці дотику з трубою вдавлює внутрішню її стінку униз і, таким чином, зводить бокові стінки до горизонтальної осі матриці. При подальшому русі згинального пуансона 2 униз виступ 7 вдавлює внутрішню стінку труби униз по всій своїй радіусній поверхні, при цьому проводиться гнуття внутрішньої, бокових і зовнішньої граней труби. Опорами при гнутті є опірні затискні ролики 5, по яких труба не ковзає, а перекошується, що значно покращує умови процесу виготовлення деталі. При вдавлюванні згинальним пуансоном 2 труби в матрицю бічні стінки 3 і 4 перешкоджають утворенню складок на бічних гранях труби та деформації її поперечного перерізу.

При цьому, кут гнуття труби при запропонованому способі залежить від глибини входження згинального пуансона в деталь і може бути легко розрахований.

При гнутті труби на кут до 60° глибина втягування без складкоутворення становить 7 мм, на кут до 45° – 8 мм (рисунок 9).

При закінченні процесу гнуття труби шток преса піднімається у верхнє положення і для безперешкодного зняття готової деталі з матриці її передню рухому стінку звільняють шляхом відвинчування гайок 6.

Перевагами запропонованого способу гнуття прямокутних труб є незмінне положення осі центру гнуття. Що дає можливість виконувати гнуття труби за одну операцію із заготовки що відрізана у кінцевий розмір. Застосування запропонованого способу дозволяє виготовити необхідну деталь товарного вигляду на нескладній оснастці при мінімальній собівартості. Цей спосіб не потребує складного устаткування для нагрівання та значних енерговитрат.

Виводи

1. При гнутті труб під тиском виникають деформуючі напруження розтягу та стиску, у результаті чого відбувається складкоутворення, виникнення тріщин та розрив труб.

2. Для уникнення деформування поперечного перерізу оброблюваних деталей застосовують складні дорогі процеси підготовки труб для гнуття, в тому числі з використанням наповнювачів.

3. В технічній літературі технологічні способи та засоби гнуття труб круглого перетину висвітлені достатньо. Способи гнуття труб прямокутного перетину вивчені недостатнього і потребують подальшого теоретичного та експериментального дослідження.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке / Романовский В.П. — 6-е изд., перераб. и доп. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. — 520 с.

2. А.С. СССР №761070, В21D9/15. Способ гибки труб/ Глухов Б.Н., Фролов С.Г., Климина В.А. — 1978. — 4 с.

3. Пат. 2308342 Российская Федерация, МПК В21D9/15. Способ гибки тонкостенных труб./ Одинокоев В.И., Козин В.М., Тимашов С.А., Марьин Б.Н. опубл. 20.10.2007.

4. Пат. № 2378072 Российская Федерация, МПК В21D9/00. Способ гибки профильных прямоугольных труб / Казанкин М.П. опубл. 10.01.2010.

5. Пат. № 71660, МПК В21D7/00, В21D9/00/штамп для гнуття прямокутних труб./ Горбенко І.І., Горбенко О.І., Осіпчук Ю.В., Стрелковський В.В. опубл. 25.07.2012. Бюл. № 14. — 4 с.

6. Пат. України на корисну модель № 78751 МПК В21D9/00. Спосіб гнуття прямокутних труб / Горбенко О.І., Горбенко І.І., Осіпчук Ю.В., Стрелковський В.В. опубл. 25.03.2013. Бюл. № 6. — 4 с.

Надійшла до редакції 19.03.2014 р.

Горбенко А.И., Горбенко И.И., Чигиринский В.В., Дубина В.И. Гибка прямоугольных труб

В статье приведен аналитический обзор технологических способов гибки труб по освещению преимуществ и недостатков каждого способа, а также предложения по их совершенствованию.

В основу предложенного нового способа поставлена задача, которая заключается в упрощении процесса гибки, повышения качества изготовленных деталей и снижения их себестоимости. Решение задачи осуществляется с помощью запатентованного штампа для гибки прямоугольных труб.

Ключевые слова: гибка, прямоугольные трубы, штамп, ковочное обштамповочное оборудование.

Gorbenko A., Gorbenko I., Chigirinskyi V., Dubina V. Bending of rectangular pipes

The article cited an analytical overview of the technological ways of bending pipes. Illumination advantages and disadvantages of each method, as well as suggestions for their improvement.

The basis of the proposed new method of the task, which is to simplify the process of bending, improving the quality of manufactured parts and reduce costs. The problem is performed using a patented stamp bending of rectangular tubing.

Keywords: bending, rectangular tube, stamp forging volume punching equipment.