

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ СПОСОБІВ ГНУТТЯ ТРУБ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ

Приведено аналітичний огляд технологічних способів гнуття труб з висвітленням переваг та недоліків кожного способу, а також пропозиції щодо їх удосконалення. В основу запропонованого нового способу поставлена задача, яка полягає у спрощенні процесу гнуття, підвищенні якості виготовлених деталей та зниженні їх собівартості. Рішення задачі виконується за допомогою запатентованого штампа для гнуття прямокутних труб.

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

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

У технічній літературі наводяться деякі засоби та способи гнуття труб. А. Ю. Аверкієв [1] показує гнуття труб намотуванням, гнуття на конусній оправці з криволінійною віссю та гнуття з місцевим нагріванням зони пластичної деформації.

Гнуття намотуванням здійснюється за допомогою інструмента, конструктивна схема якого показана на рис. 1. Вона складається із шаблону 1 у вигляді ролика з вмонтованою в нього затисною колодкою 2, затискача 3, дорна 4 і опірної колодки 5. Такий інструмент є складовою частиною спеціального верстату для гнуття труб.

Гнуття труб з застосуванням наведеного інструменту виконується в такій послідовності. Труба надівається на дорн 4, встановлюється в ривчак згинаючого шаблону 1 і закріплюється за допомогою затискача 3. Потім ставиться опірні колодка 5, яка притискує трубу до шаблону в процесі гнуття. Після включення верстату шаблон повертається на необхідний кут гнуття, стягуючи при цьому трубу з дорну. Оскільки односторонній зазор між ривчаком шаблону і дорном набагато більше товщини стінки труби, складки в зоні стиску не з'являються. Верстату для гнуття труб, які працюють за прин-

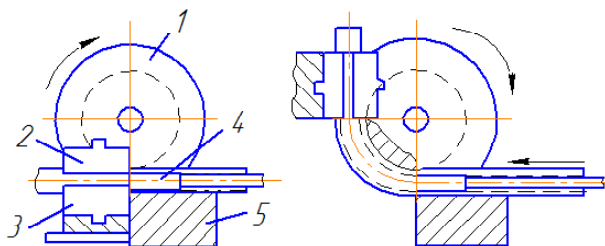


Рис. 1. Гнуття труб методом намотування

ципом намотування, призначені для гнуття труб діаметром від 8 до 426 мм.

Гнуття з місцевим нагріванням зони пластичної деформації застосовується для гнуття труб середнього та великого діаметра на малі радіуси [2]. Для цього застосовують нагрівання вузької кільцевої ділянки зони пластичної деформації. Внаслідок невеликої протяжності зони нагрівання (порядку товщини декількох стінок труби) складкоутворення в зоні стиску не настає, а проходить процес осадки нагрітої ділянки труби під дією стискуючих напружень, які виникають при гнутті.

Гнуття з місцевим нагріванням здійснюється на спеціальній машині для гнуття труб, схема якої показана на рис. 2.

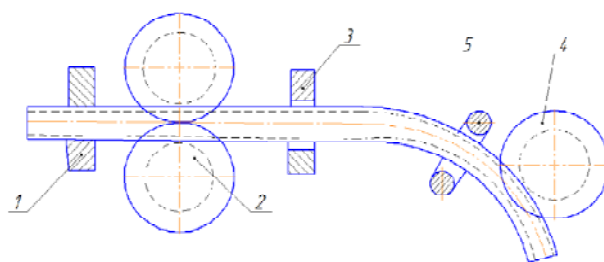


Рис. 2. Гнуття труб з місцевим нагріванням зони пластичної деформації

Машини складається з каретки 1 для подачі труби, направляючих роликів 2, індуктора 3 і згинального ролика 4. Заготовка подається кареткою 1 через направляючі ролики 2 в індуктор 3, де проходить місцеве нагрівання кільцевої ділянки труби током високої частоти до температури 800–900 °С. При виході із індуктора заготовка охолоджується повітрям або водою за допомогою охолоджувального пристрою 5. Гнуття труби здійснюється спеціальним згинальним роликом 4, місцезнаходження якого встановлюється в залежності від необхідного радіуса гнуття. Гнуття труб з місцевим нагріванням може застосовуватися в польових умовах,

наприклад, при монтажі трубопроводів, при цьому нагрівання здійснюється газовою горілкою. Наведені способи гнуття труб мають ряд недоліків. Процеси гнуття мають високу трудомісткість, потребують спеціального устаткування та високих енерговитрат. Р. М. Мусаєв [3] пропонує спосіб гнуття тонкостінних трубних заготовок, який включає операції плющення центральної ділянки трубної заготовки, гнуття плющеної ділянки та

роздачу плющеної та гнучої ділянки у форму, подібну тору. Сутність способу показана на рисунках 3–6. На рис. 3 показано початкове положення трубної заготовки перед гнуттям з підпором. На рис. 4 показано положення трубної заготовки в момент закінчення гнуття з підпором. На рис. 5 показано положення трубної спіралі після роздачі.

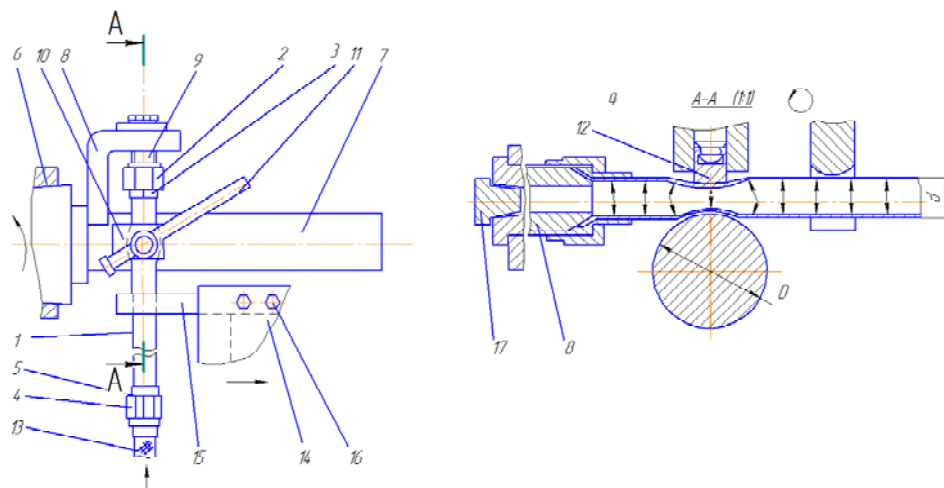


Рис. 3. Початкове положення трубної заготовки перед гнуттям з підпором

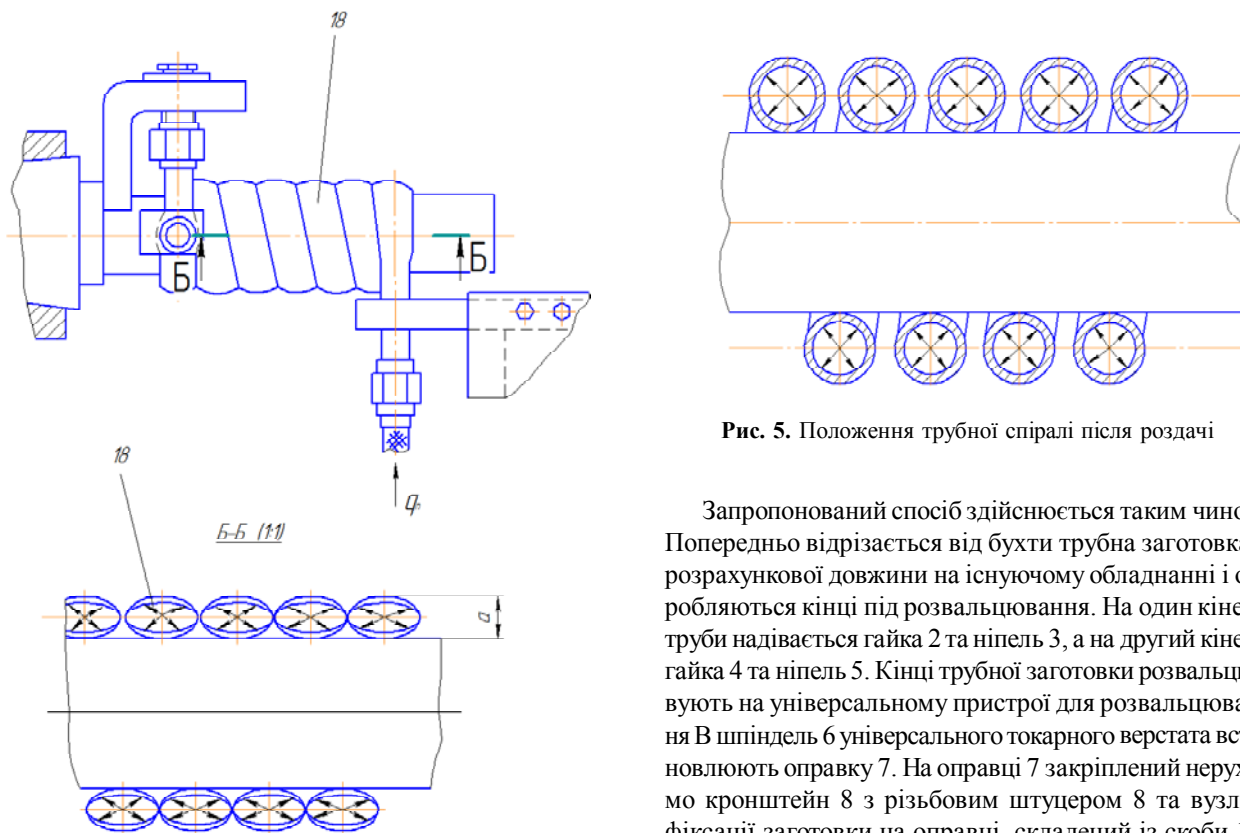


Рис. 4. Положення трубної заготовки в момент закінчення гнуття з підпором

Рис. 5. Положення трубної спіралі після роздачі

Запропонований спосіб здійснюється таким чином. Попередньо відрізається від бухти трубна заготовка 1 розрахункової довжини на існуючому обладнанні і обробляються кінці під розвальцювання. На один кінець труби надівається гайка 2 та ніпель 3, а на другий кінець гайка 4 та ніпель 5. Кінці трубної заготовки розвальцюють на універсальному пристрої для розвальцювання В шпіндель 6 універсального токарного верстата встановлюють оправку 7. На оправці 7 закріпленій нерухомо кронштейн 8 з різьбовим штуцером 8 та вузлом фіксації заготовки на оправці, складений із скоби 10, упорного гвинта з з'ємною рукояткою 11 та п'яти 12.

Один кінець розвальцюваної трубної заготовки 1 закріплюють на штуцері 9 гайкою 2. Другий кінець труб-

ної заготовки 1 з'єднують з насосною станцією гнучким рукавом високого тиску 13 гайкою 3. Висовуючи п'яту 12, фіксують кінець трубною заготовки на оправці 7. У різцетримач 14 токарного верстата встановлюють притискавач 15, виставляють його по трубній заготовці 1 та закріплюють гвинтами 16. Від насосної станції через гнучкий рукав 13 підводять до трубної заготовки робочу рідину. Після заповнення порожнини трубної заготовки рідиною і виходу повітря проводять герметизацію трубної заготовки пробкою 17. Регулятор тиску встановлюють на необхідну величину тиску підпору «qn». Установлюють необхідні оберти шпінделя верстата та необхідний шаг навивки спіралі.

Величина шагу навивки залежить в основному від пластичних властивостей матеріалу заготовки та відносного середнього радіуса гнуття труби.

Вмикають привід обертання шпінделя та подачі різцетримача. Трубна заготовка 1 починає одночасно гнутися та плющитися на оправці 7 в трубну спіраль (див. рис. 3). Деформування проходить під впливом обертального моменту від шпінделя верстата, зусилля осової подачі різцетримача, сили тертя між притискачем і поверхнею трубної заготовки і тиску підпору.

Початковий круглий переріз трубної заготовки трансформується в овал складної форми (див. рис. 4, розріз Б–Б): на ділянці, що контактує з оправкою, контур овала має форму близьку до прямолінійної, а на решті ділянки – випуклу форму перемінної кривизни. Висота профілю «а» забезпечується величиною відповідного тиску підпору «qn», підбирається експериментально з умови відсутності розриву на зовнішній випуклій стороні. Чим менший відносний радіус вигину трубної заготовки, тим менше висота профілю «а», тим менше відповідно і величина тиску підпору «qn».

Після намотування на оправку необхідної кількості витків спіралі вмикають привід верстата. Підключають до рукава 13 магістраль високого тиску насосної станції і подають у середину трубчатої спіралі 18 тиск калібрування «qk». При цьому циліндричні кільцеві ділянки трубчатої спіралі 18 залишаються нерухомо закріпленими на штуцері 9 і притиснутими п'ятою 12 та притискачем 15. Під впливом тиску калібрування «qk» проходить трансформування овальної форми поперечного перерізу трубної спіралі в круглу (рис. 5) з обмеженням переміщення за діаметром оправки.

Недоліком цього способу є його складність, висока трудомісткість виготовлення деталей, необхідність використання додаткових операцій та обладнання для отримання готової деталі.

Горбенко І. І., Горбенко О. І., Осіпчук Ю. В., Стрелковський В. В. [4, 5] 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 виготовлюваних деталей та зниження їх собівартості.

Задача вирішується тим, що операція сплющуван-

ня та гнуття виконується на штампі, при цьому труба розміщується на опірних затискних роликках між передньою рухомою і задньою нерухомою бічними стінками, причому відстань між бічними стінками встановлюється перестановкою передньої рухомої бічної стінки на максимальній 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 (рис. 6–8). На рис. 6 зображено положення прямокутної труби в момент початку процесу гнуття.

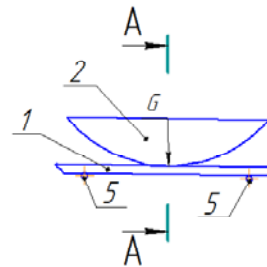


Рис. 6. Положення прямокутної труби в момент початку процесу гнуття

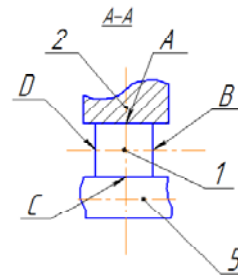


Рис. 7. Переріз А-А рис. 6

На рис. 8 зображено положення прямокутної труби в процесі гнуття.

При гнутті прямокутної труби, під впливом згинального зусилля G (рис. 6) на стінку А прямокутної труби (рис. 7, переріз А–А), волокна стінок В і D, що знаходяться за осовою лінією прямокутної труби ближче до центра радіуса гнуття, стискаються. Оскільки зусилля, що необхідні для стискання стінки А прямокутної труби, значно перевищує зусилля, що необхідне для згинання стінок В і D, вони при гнутті згинаються у напрямках, перпендикулярних напрямку прикладання згинаючого зусилля G (рис. 6), а стінка А зламується (рис. 7, переріз А–А).

Для того, щоб уникнути зламання труби, необхідно запобігти згинанню стінок В і D, яке призводить для збільшення початкового розміру ширини «В» профілю труби (рис. 8), та задати попередній прогин стінки А труби у середину профілю. Для цього матриця штампа виконується роз'ємною, і до початку гнуття її бокові стінки затискають до розміру ширини профілю «В» за допомогою нарізних з'єднань опірних затискних роликів (4) гайок (6) рис. 8. А попередній прогин стінки А труби усередину профілю досягається завдяки наявності виступу на всій радіусній поверхні згинального пуансона.

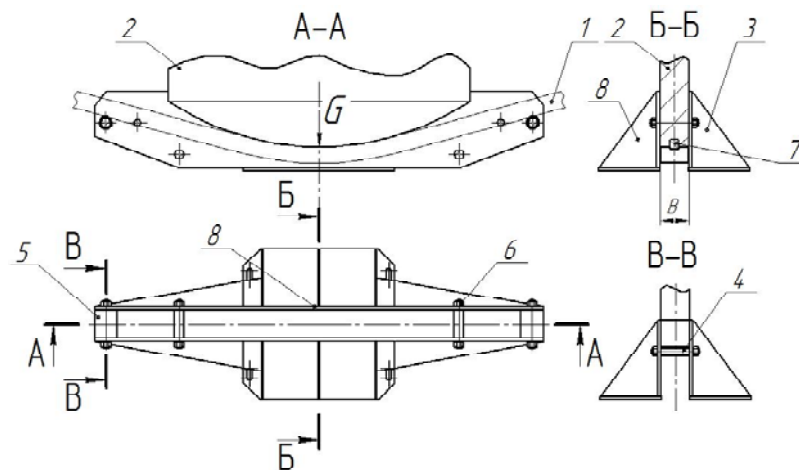


Рис. 8. Штмп для гнуття прямокутної труби

Процес гнуття здійснюється на штампі (рис. 8). Штмп для гнуття прямокутних труб (1) містить: згинальний пуансон 2, передню рухому бічну стінку матриці (3), задню нерухому бічну стінку матриці (8), чотири опірні затискні ролики (4), що закріплені гайками (6), згинальний пуансон (2) має по всій радіусній поверхні виступ (7).

Штмп прив'язується на гідравлічній прес. Запропонований спосіб здійснюється так: при розкритому штампі шток преса встановлюється у верхнє положення, прямокутна труба (1) розміщується на опорно-затискальних 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 (8) дорівнює максимальній ширині «В» (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 вниз і, таким чином, зводить бокові стінки до горизонтальної осі матриці. При подальшому русі згинального пуансона (2) вниз виступ (7) вдавлює внутрішню стінку труби вниз 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 перекочується, що значно покращує умови процесу виготовлення деталі. При вдавлюванні згинальним пуансоном (2) труби в матрицю бічні стінки (3) і (8) 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 7мм, на кут до $45^\circ - 8$ мм (рис. 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 вимагає складного устаткування для нагрівання та значних енерговитрат.

Виводи

1. При гнутті труб під тиском виникають деформальні 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. У технічній літературі технологічні способи та засоби гнуття труб круглого перетину висвітлені достатньо.
4. Способи гнуття труб прямокутного перетину вивчені недостатньо і потребують подальшого теоретичного та експериментального дослідження.

Список літератури

1. Аверкиев Ю. А. Гибка листового и профильного металлопроката: учебное пособие по курсу «Холодная штамповка» для студентов, обучающихся по специальности «Машины и технология обработки металлов давлением» / Аверкиев Ю.А. ; изд. 2-е перераб. и доп. – Ростов-на-Дону : РИСХМ, 1977. – 85 с.
2. Горбунов М. Н. Штамповка деталей из трубчатых заготовок / Горбунов М. Н. – М. : Машгиз, 1960. – 260 с.
3. Пат. 2210452 Российская Федерация, МПК В21D / 00. Способ гибки труб. / Мусаев Р. М. ; заявитель и патентообладатель Мусаев Р. М. ; заявл. 18.07.01 ; опубл. 20.08.03.
4. Пат. № 71660, МПК В21D7 / 00, В21D9 / 00. Штмп для гнуття прямокутних труб / Горбенко І. І., Горбенко О. І., Осіпчук Ю. В., Стрелковський В. В. ; заявник і патентотримувач автори ; заявл. 18.03.12 ; опубл. 25.07.12, Бюл. № 14. – 4 с.

5. Пат. України на корисну модель № 78751 МПК В21D9 / 00.Спосіб гнуття прямокутних труб / Горбенко І. І., Горбенко О. І., Осіпчук Ю. В., Стрелковський В. В. ;

заявник і патентоутримувач автори ; заявл. 20.12.12 ; опубл. 25.03.13, Бюл. № 6. – 4 с.

Одержано 07.04.2014

Горбенко А.И., Горбенко И.И., Чигиринский В.В., Дубина В.И. Аналитический обзор технологических способов гибки труб и предложения по их усовершенствованию

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 об штамповочное оборудование.*

Gorbenko A., Gorbenko I., Chigirinskii V., Dubina V. Analytical review of process methods of pipe bending and proposals for their improvement

The analytical overview of the technological ways of pipes bending stressing advantages and disadvantages of each method, as well as suggestions for their improvement was given. The new method to simplify the process of bending, improving the quality of manufactured parts and reduce costs was proposed. The problem is performed using a patented stamp for bending of rectangular tubes.

Key words: *bending, rectangular tube, stamp forging and punching equipment.*
