

УДК 621.983.3.001 – 621.983.7.004

В.О. Маковей, доц., Ю.П. Бородій, ас., А.В. Кліско, асп., П.Ю. Проценко, студ.  
НТУ України „Київський політехнічний інститут”

*Разработаны технологии получения труб с винтовыми канавками как с использованием оправок с винтовыми канавками так и без них. Исследовано влияние геометрических параметров винтовых канавок на качество изделий.*

*Technologies of receipt of pipes are developed spiral-flute as with the use of mounting spiral-flute so without them. Influence of geometrical parameters of spiral ditches is investigational on quality of wares.*

### Вступ

Інтенсифікація теплообміну в каналах є ефективним способом зменшення габаритних розмірів та металоемкості теплообмінних апаратів. Аналіз робіт в цьому напрямку показує, що найбільша увага приділяється штучної турбулізації потоку за допомогою кільцевих діафрагм різних геометричних розмірів та типів, які розміщуються на внутрішній поверхні круглої труби [1]. Інтенсифікація тепловіддачі цим способом зменшує в 1,5 – 2 рази габаритні розміри та масу теплообмінного апарату. В дослідженнях [1] найбільш ефективними виявились труби з локальним створенням виступів на внутрішній поверхні труби. Тому також може бути ефективним турбулізатором гвинтоподібна труба. Існує декілька запатентованих способів виготовлення гвинтоподібних труб, як з використанням оправок так і без них.

Відомим способом виготовлення гвинтоподібних труб є роликоче обкочування на оправці (рис.1). Він полягає у формоутворенні на трубчастій заготовці 1 за допомогою оправки 2, гвинтового профілю, причому його здійснюють шляхом послідовної пластичної деформації, при спільному постійному обертанні трубчастій заготовки 1 та закріпленої всередині неї п-західної гвинтової оправки 2, і взаємопов'язаному поступальному переміщенні формують елементів 3, у вигляді тіл кочення, уздовж осі оброблюваної деталі. Оправка 2 закріплена в трьохкулачковому патроні 4 токарно-гвинторізного станка. Обкатна головка 5, що містить тіла кочення 3, закріплена в різцетримачі 6 супорта 7. Тіла кочення 3 представляють собою ролики, що обертаються на опорних штифтах 8. Цей спосіб використовується при виготовленні довжиною мірних гвинтів гвинтових насосів, що виконуються з тонкостінних труб з нержавіючих і важкооброблюваних сталей, що застосовуються в нафтогазовидобувній промисловості [2].

Виготовлення гвинтоподібних труб можливе також тим же методом без використання оправки (рис.2.), що включає формоутворення гофрів 1 на вихідній трубі 2 розташованими навколо неї та під кутом до її поздовжньої вісі 3 роликочами 4 при осьовому переміщенні труби 2, в процесі формоутворення гофрів 1 здійснюється зміна їх висоти і кута підйому гвинтової лінії, для чого роблять радіальне переміщення роликів 4 та їх поворот відносно поздовжньої вісі труби 3. Радіальне переміщення роликів 4 та їх поворот можна проводити одночасно, і одночасно можна змінювати висоту гофрів 1 і кут підйому їх гвинтової лінії. Радіальне переміщення окремих роликів 4 можуть робити в протилежних напрямках (до вісі труби 3 і від неї) і з різними швидкостями, забезпечуючи тим самим формування ділянок труби 2 з гофрами 1 різної висоти як в поперечному перетині, так і вздовж вісі труби 3. Поворот всіх роликів 4 відносно поздовжньої вісі труби 3 можуть здійснювати синхронно на однаковий кут, що дозволяє формувати впорядковане розташування гофрів 1 на окремих ділянках труби 2. Цей метод використовується для пластичних матеріалів та нескладної геометрії гофрів.

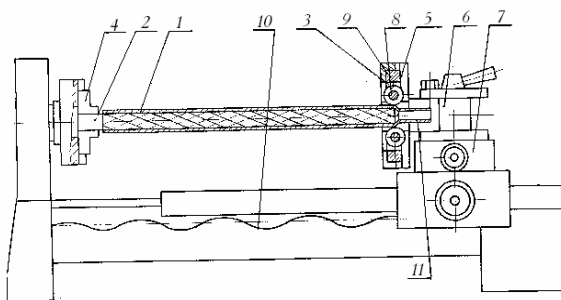


Рис.1. Схема роликоче обкочування на оправці:

1 – тонкостінна труба, 2 – оправка,  
3 – тіла кочення, 4 – трьохкулачковий патрон,  
5 – обкатна головка, 6 – різцетримач,  
7 – супорт, 8 – опорні штифти, 9 – кришка, 10 – ходовий гвинт, 11 – опорна шийка

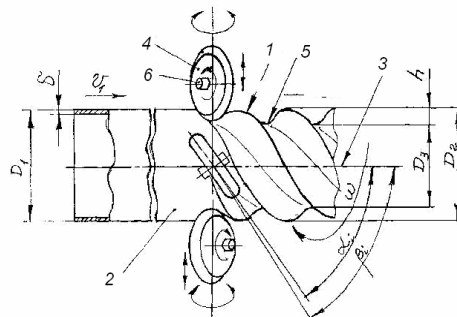


Рис.2. Схема способу формування гофрів на трубчастій заготовці: 1 – гофри, 2 – труба, 3 – поздовжня вісь труби, 4 – ролики, 5 – гвинтові впадини, 6 – вісь ролика

В теперішній час активно розробляються процеси формування трубчастих деталей еластично-сипучими середовищами, які складаються з еластичних гранул. Штампування еластичними середовищами дозволяє скоротити строк освоєння нових виробів та знизити металоемкість використовуваної оснастки. На рис. 3 показаний пристрій і робоче тіло для роздачі труби. В робочу порожнину жорстких напівматриць 2, закріплених на столі преса,

вставляють трубчасту заготовку 3. Після цього напівматриці стискаються боковою силою, щоб протидіяти їх розкриттю в процесі штамповки. В середину заготовки встановлюють робоче тіло – еластичну оболонку 5 з наповнювачем 1, який складається з еластичних гранул і мастильного матеріалу, що зменшує тертя між гранулами. З торця труби пуансон 4 діє силою  $P$  на робоче тіло, створюючи в ньому тиск  $q$ . Трубчаста заготовка під дією тиску  $q$  приймає форму жорсткої матриці [4].

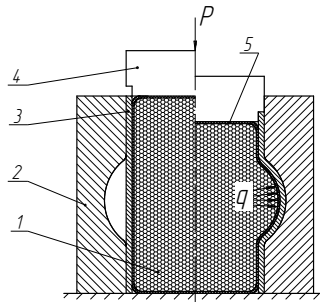


Рис.3. Схема пристрою для роздачі труби: 1 – наповнювач, 2 – напівматриці, 3 – трубчаста заготовка, 4 – пуансон, 5 – еластична оболонка

Наведена технологія носить загальний характер та не використовується для отримання гвинтових канавок на трубах.

Недоліком наведених способів є відсутність досліджень по встановленню оптимальних параметрів гвинтових канавок та впливу їх на якість виробів.

**Мета та постановка задачі досліджень.**

Метою роботи є розробка технологій отримання гвинтоподібних труб, як з використанням оправок так і без них, дослідження впливу геометричних параметрів гвинтових канавок на якість виробів. При цьому досліджували можливість отримання максимальної глибини гвинтових канавок без руйнування, визначення мінімального кроку гвинта з мінімальними радіусами заокруглення.

**1. Розробка технологій виготовлення гвинтоподібних труб.**

Одним із можливих способів отримання гвинтоподібних труб – є спосіб виготовлення роликів обкочуванням. За рахунок своєї простоти його частіше використовують на практиці для профілювання тонкостінних труб. В якості профілюючих інструментів для отримання гвинтових гофрів на тонкостінній трубі застосовуються ролики та оправка.

Перед проведенням обкочування були визначені механічні характеристики (мікротвердість) заготовок-труб. Для цього вирізались прямокутні пластини розміром 10 на 10 міліметрів, правилися для надання їм плоскої форми, шліфувалися та полірувалися на шліфувальній машині. Вимірювання мікротвердості виконувалось на мікротвердомірі моделі ПМТ-3 навантаженням 100 гс. Таким чином, мікротвердість вихідної труби знаходиться в межах НВ 180...200.

Розроблені наступні схеми реалізації даного способу:

1. Отримання цільної гофрованої труби роликів обкочуванням на токарно-гвинторізному верстаті з використанням оправки та роликів. Схема процесу отримання виробу представлена на рис.4.

На оправку 1 встановлювали трубчасту заготівку 2 з нержавіючої сталі Х18Н9Т товщиною 1 мм. Ролик 3 кріпили до корпусу 4, який закріплений в різцетримачі 5 супорта токарного станка. Оправку 1, з надією на неї трубчастою заготівкою 2 фіксуємо з одного боку центром токарного станка 6, а інший бік - в трьохкулачковому патроні 7, чим забезпечуємо неможливість повороту заготівки відносно оправки.

Оправка має виточений гвинтовий рельєф, який буде отримувати труба після процесу обкочування. Отриманий зразок деталі показано на рис.5.

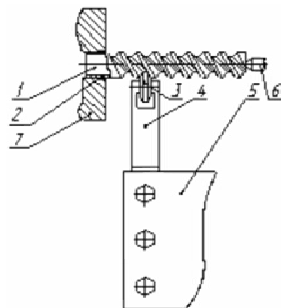


Рис.4. Схема процесу накатки гвинтового рельєфу на трубі:  
1 – оправка з різьбою, 2 – отримана деталь, 3 – ролик,  
4 – корпус, 5 – різцетримач, 6 – центра,  
7 – трьохкулачковий патрон



Рис.5. Фотографія оправки а) та зразка б) з кроком гвинта 20 мм

Дану технологію виготовлення гвинтоподібних труб краще виконувати в декілька переходів:

1) Спочатку використовували ролик з тупим кутом (рис.6.). Прохід починали біля трьохкулачкового патрона. Перед проходом потрібно виставити положення ролика відносно впадин гвинтової оправки. При досягненні роликом іншого кінця оправки потрібно змінити напрям переміщення супорта на протилежний. Далі потрібно багаторазово повторити проходи в одну та іншу сторону поки не буде сформований початковий гвинтоподібний рельєф на трубчастій заготовці.

2) Фінішні операції виконувалися роликом з гострим кутом (рис.7.). При цьому потрібно повторити проходи в одну та іншу сторону поки не буде повністю сформований кінцевий гвинтоподібний рельєф труби.

Для покращення умов процесу обкочування ролик потрібно нахилити на кут  $\alpha_{нов}$  – кут повороту ролика до горизонтальної осі супорта, який дорівнює куту підйому гвинтової лінії. Обкочування проводилося за тою ж схемою з використанням іншої обкатної головки показаної на рис. 8, яка дозволяє повернути ролик на необхідний кут

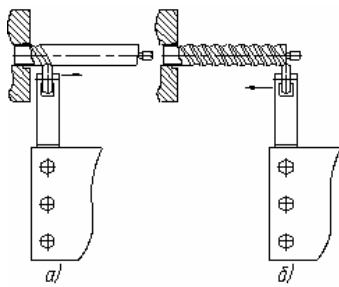


Рис.6. Прохід роликом з тупим кутом:  
а) початок проходу, б) повернення в початкове положення супорта

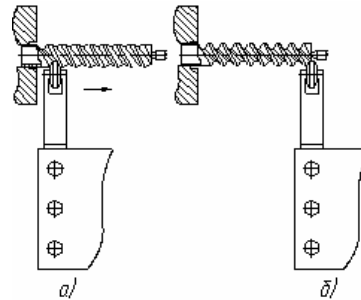


Рис.7. Прохід роликом з гострим кутом:  
а) початок проходу, б) повернення в початкове положення супорта

$\alpha_{нов}$ , та кріпиться в різцетримачі супорта токарно-гвинторізного станка. За допомогою неї були отримані зразки на рис. 9. Для їх отримання використовувалася оправка з кроком гвинта 12 мм. Обкатна головка складається з ролика 1, який кріпиться до корпусу 2, за допомогою болта 3, гайки 4 та шайби 5. Корпус 2 з'єднаний з стержнем 6 через шпильку 7. На шпильку накручені фіксуючі гайки 8.

Щоб виставити ролик на кут  $\alpha_{нов}$  необхідно обернути корпус відносно стержня, що кріпиться в різцетримачі токарно-гвинторізного станка, та закріпити це положення гайками.

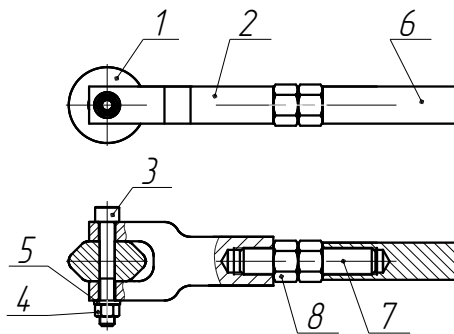
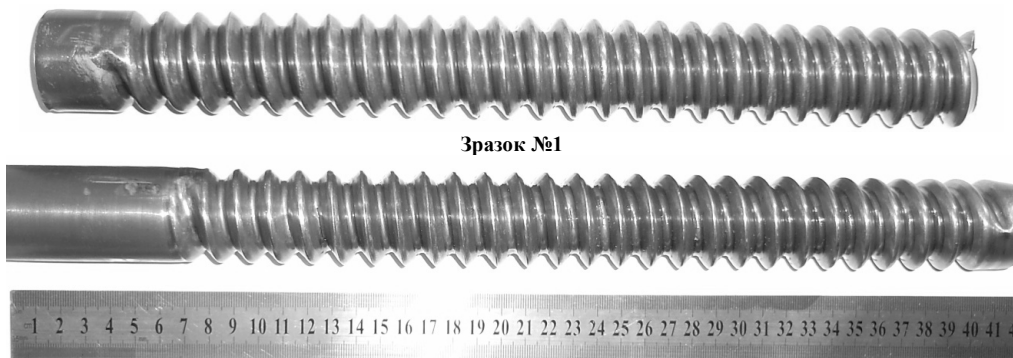


Рис.8. Обкатна головка: 1 – ролик, 2 – корпус, 3 – болт, 4 – гайка, 5 – шайба, 6 – стержень, 7 – шпилька, 8 – фіксуюча гайка



Зразок №1  
Зразок №2  
Рис.9. Фотографії зразків, які отримані на оправці з кроком гвинта 12 мм

II. Отримання цільної гофрованої труби роликовим обкочуванням на токарно-гвинторізному верстаті з використанням сипучого середовища в якості протитиску. Оправка є технологічно складною деталлю. Після операції формування гвинтоподібного профілю з використанням оправки виникають складнощі з стягненням отриманої труби з неї. Для спрощення технології виготовлення постає необхідність змінити схему отримання гвинтоподібної труби без використання оправки.

Використання сипучих матеріалів є альтернативою оправці. Вони забезпечують:

- можливість створення протитиску в середині трубчастой заготовки;
- зменшення сили деформування робочого тіла за рахунок можливості гранул переміщуватись одна відносно одної;
- рівномірне розподілення сили по всьому об'єму стискаемого середовища [5].

Схема з використанням сипучих матеріалів показана на рис.10. В середину труби 1 засипається сипучий матеріал (пісок) 2, а на кінцях в неї вкладаються пробки 3 і 4. Пробка ліва 3 з трубою кріпиться в трьохкулачковому патроні 5. Пробка права 4 встановлена в корпус 6, де на неї створює тиск пружина 7. Сила тиску пружини регулюється кришкою 8, яка містить отвір де кріпиться центр 9 задньої бабки токарно-гвинторізного верстата. Обкочування проводиться роликом 10, який встановлений в обкатній головці 11.

При обкочуванні роликом сипучий матеріал 2 спочатку ущільнюється, а потім починає діяти на праву пробку 4, яка стискує пружину 7, що знаходиться в корпусі 6.

По цій схемі були отримані зразки гвинтоподібних труб різних кроків (рис.11). В якості сипучого матеріалу використовувався пісок. Для їх отримання використовувались ролики з різною геометрією. Ролик можна повернути на кут  $\alpha_{пов.}$ , що залежить від кроку гвинтових канавок.

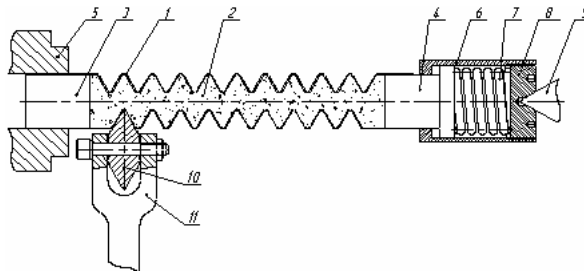


Рис.10. Схема отримання гвинтоподібної труби з використанням сипучого матеріалу (піску) в якості внутрішнього протитиску: 1 – обкатна головка, 2 – ролик, 3 – трьохкулачковий патрон, 4 - пробка ліва, 5 – труба, 6 – сипучий матеріал, 7 – пробка права, 8 – корпус, 9 – пружина, 10 – кришка, 11 – центр

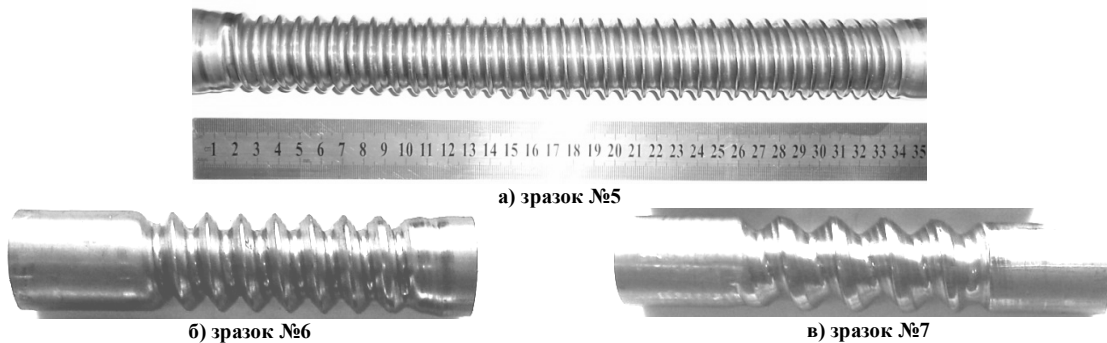


Рис.11. Фотографії зразків, які отримані без оправки з кроками: а) 8 мм, б)12мм,г)20мм

## 2. Результати досліджень геометричних параметрів та твердості матеріалу труб

В таблиці наведені результати вимірювань параметрів гвинтоподібних труб.

Таблиця

Параметри гвинтоподібних труб

№ зразка	Зовнішній діаметр, мм	Внутрішній діаметр, мм	Крок гвинта, мм	Глибина впадин різьби, мм	Кут профілю ролика	Товщина труби, мм
1	37,6 ± 0,2	27,6 ± 0,2	12	5,0 ± 0,1	60°	0,6 ± 0,1
2	37,2 ± 0,1	27,5 ± 0,2	12	4,85 ± 0,1	60°	0,6 ± 0,1
3	37,5 ± 0,1	26,2 ± 0,2	12	5,6 ± 0,1	60°	1 ± 0,1
4	37,5 ± 0,1	27,6 ± 0,2	12	4,9 ± 0,1	60°	1 ± 0,1
5 (пісок)	37,2 ± 0,1	29,6 ± 0,2	8,1	3,8 ± 0,1	60°	1 ± 0,1

Були зроблені повздовжні зрізи виготовленої труби, відшліфовані та відполіровані. Результати вимірювання мікротвердості на цих зрізах показані на рис.12, з якого видно, що значення мікротвердості на вершинах витків не відрізняються від вихідних значень. В той же час помітне підвищення мікротвердості на похилих ділянках витків і особливо на впадинах витків. Загальне підвищення твердості складає 30 – 50% від вихідних значень. На ділянках із значеннями мікротвердості HV 250...260 спостерігалось виникнення тріщин. При цьому контролювалися геометричні параметри перерізу труби (рис. 2). Тріщини виникали у впадинах витків при потонненні труби до значень 0,35 – 0,4 мм при глибинах > 5,3 – 5,5 мм.

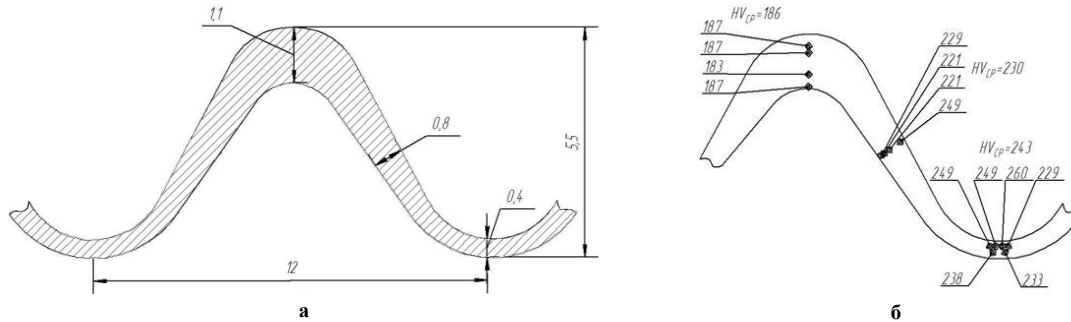


Рис. 12. Геометричні розміри після обкочування – а) та результати вимірювання мікротвердості на повздовжньому зрізі гвинтоподібної труби – б)

#### Висновки

1. Розроблені технології отримання гвинтових канавок з потоншенням стінки труби і проведені експерименти по виготовленню гвинтоподібних труб з використанням оправок різних кроків та з використанням сипучих матеріалів.
2. Встановлено, що якість виготовлення (без тріщин) та точність геометричних розмірів гвинтоподібних труб залежать від пластичності матеріалу труби та способу виготовлення. Найбільш висока точність труб, які виготовленні за допомогою оправки з кроком 12 мм, радіусом закруглень 3,2 мм та глибиною канавки  $5 \pm 0,2$  мм.

#### Список літератури

1. В. А. Рогачев, А. М. Терех, В. Д. Бурлей, А. В. Семеняко. Интенсификация теплообмена в круглой трубе // Энергетика: экономика, технологии, экология. – 2008. – № 1. – С. 36 – 42
2. Пат. 2121405 РФ, МКИ В 21 D 15/04. Способ изготовления винтовых деталей и устройство для его осуществления. Заявл. 20.12.1995; Опубл. 10.11.1998, – 6 с.
3. Пат. 2152837 РФ, МКИ В 21 D 15/04. Способ изготовления труб с винтовыми гофраами и устройство для его осуществления. Заявл. 15.06.1999; Опубл. 20.07.2000, – 10 с.
4. С. Б. Марьин. Возможность применения эластичных и сыпучих материалов для изготовления деталей из трубных заготовок // Кузнечно-штамповочное производство. – 2009. – №2. – С.13 – 16.
5. С. Б. Марьин. Изготовление элементов трубопроводов из трубчатых заготовок с применением эластичных и сыпучих сред // Кузнечно-штамповочное производство. – 2009. – №10. – С.24 – 28.