

УДК 621.369

Б. Гевко, докт. техн. наук; А. Палюх

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ НЕПЕРЕРВНОГО
ФОРМОУТВОРЕННЯ СОЛЕНОЇДІВ З КРУГЛИМ
ПОПЕРЕЧНИМ СІЧЕННЯМ**

Наведено конструкцію пристрою для фрезерного верстату для неперервного навивання соленоїдів індукторів, теплообмінників, радіаторів. Розглянуто технологічні передумови неперервного формоутворення соленоїдів з круглим поперечним січенням. Виведено аналітичні залежності для визначення моменту згину при навиванні соленоїдів на оправку. Дано практичні рекомендації щодо вибору конструктивних і технологічних параметрів при навиванні соленоїдів.

B. Gevko, A. Palyuh

**TECHNOLOGICAL PRE-CONDITIONS OF CONTINUOUS SHAPING
OF SOLENOIDS ARE WITH ROUND TRANSVERSAL CUT**

The construction of device is resulted for milling a machine-tool for continuous shaping of solenoids of inductors, radiators. Technological pre-conditions of continuous shaping of solenoids are considered with round transversal cut. Analytical dependences are shown out for determination of moment of bend at shaping of solenoids on frame. Practical recommendations are given in relation to the choice of structural and technological parameters at shaping of solenoids.

Умовні позначення

W – момент опору, для труб круглого січення;
 d_2 – зовнішній діаметр труби;
 d_1 – внутрішній діаметр труби;
 S_0 – екстрапольова границя текучості;
 ψ_0 – відносне видовження в момент початку утворення шийки при розтягу зразка;
 S – дійсне напруження (опір деформуванню) в зовнішньому (розтягнутому) волокні при згині;
 K – коефіцієнт, який враховує особливості умов згину труб.

Постановка проблеми. Широке використання соленоїдів в теплообмінниках, радіаторах, конденсаторах, а також використання індукційного нагрівання для різних видів термообробки при виготовленні і відновленні деталей машин вимагає відповідних рекомендацій щодо методів проектування спеціального, високопродуктивного технологічного обладнання і оснащення для їх виготовлення.

Аналіз останніх результатів досліджень. Питанням проектування і виготовлення соленоїдів різної конструкції і службового призначення присвячені роботи багатьох вчених [1, 2, 3, 4]. Розроблено ряд пристроїв для промислового виготовлення соленоїдів, однак встановлено, що чимало питань, що стосуються гартування тіл обертання по зовнішньому і внутрішньому діаметрах різних типорозмірів, чекають свого вирішення.

Робота виконується в рамках постанови Кабінету Міністрів України “Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентноздатною технікою” на 2004...2008р.

Мета роботи. Метою даної роботи є обґрунтування і уточнення конструктивних і технологічних параметрів технологічного оснащення для виготовлення індукторів поверхневого нагрівання і гартування тіл обертання, як при виготовленні, так і при відновленні деталей машин.

Реалізація результатів досліджень. Основною частиною індуктора є індукційний провід, конструкція якого в значній мірі визначає результати гартування. Всі типи індукторів ділять на дві групи: індуктори для гартування на середніх

(1000...10000 гц) частотах і індуктори для гартування на високих частотах (радіочастотах).

Простішим видом індукторів є кільце, яке зігнуте з мідної або латунної труби або шини. При пропусканні змінного струму через провід індуктора навколо нього виникає магнітне поле, напруження якого періодично змінюється, а товщина мідної трубки вибирається в межах 1...2,0 мм.

Колодки індукторів виготовляють масивними з міді товщиною 8...12мм і отвори для їх закріплення до трансформаторів.

Ширина індукційного проводу при одиничному способі нагрівання приблизно дорівнює ширині зони гартування поверхні деталі. Величина зазору між робочою поверхнею індуктора і деталлю, яка нагрівається, вибирається в межах 2...5мм, а в окремих випадках ширина загартованої полоси на 10..20% менша ширини індуктора.

Пристрій для навивання соленоїдів (рис.1) [5] виконано у вигляді формувальної оправки 1, по зовнішньому діаметру якої виконана гвинтова канавка 2 радіусом, що дорівнює зовнішньому радіусу трубки соленоїда 6.

На зовнішньому діаметрі кінця формувальної оправки 2 виконано шліци 4, які є у взаємодії з внутрішніми шліцами затискної втулки 5 кінця навивної труби 6 з можливістю осевого переміщення. Затискна втулка через центральний отвір жорстко закріплена гвинтом 7 до кінця формувальної оправки 2. В зоні закріплення кінця навивної труби в затискній втулці 5 виконана радіальна радіусна канавка 8, яка з гвинтовою канавкою 9 формувальної оправки формує незамкнутий отвір 10, який є у взаємодії з кінцем навивної труби 6.

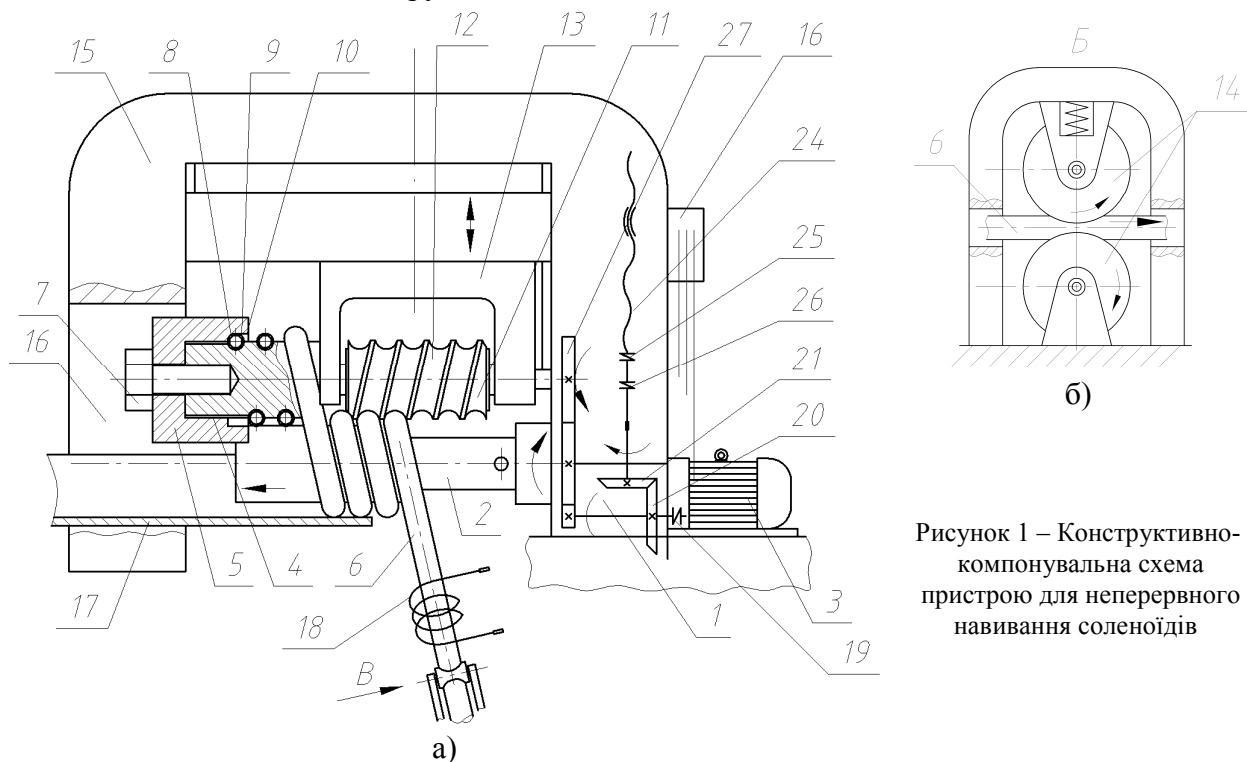


Рисунок 1 – Конструктивно-компонувальна схема пристрою для неперервного навивання соленоїдів

Притискний ролик 11 виконаний з гвинтовими канавками 12 аналогічно до формувальної оправки 2, і він встановлений в кронштейні 13 з можливістю кругового переміщення.

Причому кронштейн 13 з корпусом 1 взаємодіють через направляючі типу “ластівкового хвоста” (на рисунку не показано)

Подача труби 6 в зону навивання соленоїдів здійснюється за допомогою подаючих роликів 14, які є у взаємодії і мають окремий привід, не показаний на рисунку, а величина зусилля притискання регулюється пружинами відомими способами.

Для виведення соленоїда з зони формоутворення в лівій стійці 15 корпусу 1 виконано наскрізний отвір 16, діаметром, більшим зовнішнього діаметра соленоїда, в який жорстко встановлено жолоб 17 діаметром, більшим зовнішнього діаметра соленоїда. Управління пристроєм здійснюється з пульта керування верстата (на кресленні не показано), а в разі необхідності для нагрівання труб 6 встановлюють індуктор 18 і нагрівання здійснюється струмами високої частоти.

Кінематична схема пристрою для неперервного навивання труб складається з електродвигуна 3, на валу якого жорстко закріплена запобіжна муфта 19, ведуча конічна шестерня 20 і циліндрична шестерня 21, яка є у взаємодії з валом привідної циліндричної шестерні 22, остання жорстко закріплена на валу оправки 2 і з'єднана з шестернею 23 приводу притискного ролика 11, на який передається обертовий рух, аналогічний до формувальної оправки 2.

Ліва стійка 15 верстату кінематично з'єднана з гвинтовим механізмом 24 зміни положення притискного ролика 11 (радіального переміщення) через запобіжну 25 і реверсивну 26 муфти. Обертовий рух на гвинтовий механізм передається від веденої конічної шестерні 21, яка є у взаємодії з ведучою конічною шестернею 20 приводу.

Величина зазору між формувальною оправкою 2 і притискним роликом 11 здійснюється гвинтовим механізмом 24 в межах висоти зачеплення шестерень 23 і 27 або зміною привідних шестерень більшого діаметра формувальної оправки 2 і притискного ролика 11. В разі збільшення цього зазору привід від електродвигуна 3 буде мати тільки формувальна оправка 2.

Робота пристрою здійснюється з його настроювання на навивання соленоїдів необхідних типорозмірів формувальної оправки 2 і притискного ролика 11, що підбирають з врахуванням параметрів навивної труби (соленоїдів): внутрішнього і зовнішнього діаметрів. Формувальна оправка 2 вставляється таким чином, щоб затискна втулка 5 була у верхньому положенні, в отвір 10 затискної втулки 5 вставляють кінець навивної труби 6, а подаючі ролики 14 настроюють на певний діаметр і певне зусилля притиску і швидкість обертання, яка є однаковою зі швидкістю обертання оправки 2. Вмикають верстат і пристрій, при цьому здійснюють навивання двох-трьох витків соленоїдів і після цього його зупиняють. Затискну втулку 5 знімають з формувальної оправки 2 і перші два витки підводять до притискного ролика 11, після чого знову вмикають пристрій і здійснюють процес неперервного навивання соленоїда. При цьому в зоні формоутворення навивну трубу (соленоїд) притискний і подаючий ролик виштовхують з зони формоутворення, і подають по жолобу 17 в транспортну тару.

В разі деформування труби при навиванні її можна заповнити піском або іншим сипким матеріалом. Навивання гвинтових труб з міді, латуні, інших в'язких матеріалів здійснюється нахолодно, а сталевих – з підігріванням. При цьому встановлюють індуктор 18 і нагрівання здійснюється струмами високої частоти.

При згині труб круглого січення згинний момент визначають із виразу [7]:

$$M = W(S + 0,7S_0). \quad (1)$$

$$\text{Момент опору, для труб круглого січення } W = \frac{0,1(d_3^4 - d_6^4)}{d_3^4}.$$

$$S_0 = \frac{\sigma_\epsilon(1 - 2\psi_\epsilon)}{(1 - \psi_\epsilon)^2}. \quad (2)$$

Відносне видовження в момент початку утворення шийки при розтягу зразка, умовно можна рахувати як $S_0 = \sigma_\epsilon$.

Провівши заміну $S \approx S_\epsilon = (1 + \epsilon_\epsilon)\sigma_\epsilon$ і відповідні перетворення, отримаємо формулу для визначення крутного моменту при деформуванні пруткового матеріалу круглого січення:

$$M = \frac{0,1(d_3^4 - d_6^4)}{d_3^4} (1,7 + \varepsilon_6) \sigma_6 \cdot \quad (3)$$

Виведені аналітичні залежності дозволяють визначити зусилля гнуття для багатьох практичних випадків при закріпленні труби одним кінцем в тиски або згинаючу машину. Схему такої заготовки можна розглядати як консольну балку, защемлену одним кінцем, на другому кінці якої діє сила P на віддалі x .

Тоді силу згину труби із пруткового матеріалу зовнішнім діаметром d_3 і внутрішнім діаметром d_6 визначають із виразу:

$$P = \frac{0,1(d_3^4 - d_6^4)}{x \cdot d_3^4} (1,7 + \varepsilon_6) \sigma_6 \cdot K \cdot \quad (4)$$

Цей коефіцієнт необхідно визначити експериментально з врахуванням конструкції пристрою і умов згину труби, так як часто для збереження циліндричності поперечного січення останню заповнюють піском і в такому вигляді здійснюють формоутворення соленоїда.

На рис. 2 представлена конструкція пристрою для навивання змійовиків на 2...3 витків, скільки необхідно згідно з технічними вимогами [6]. Пристрій встановлено на токарний верстат марки 16К20 з відповідними приладами для заміру зусилля згину.

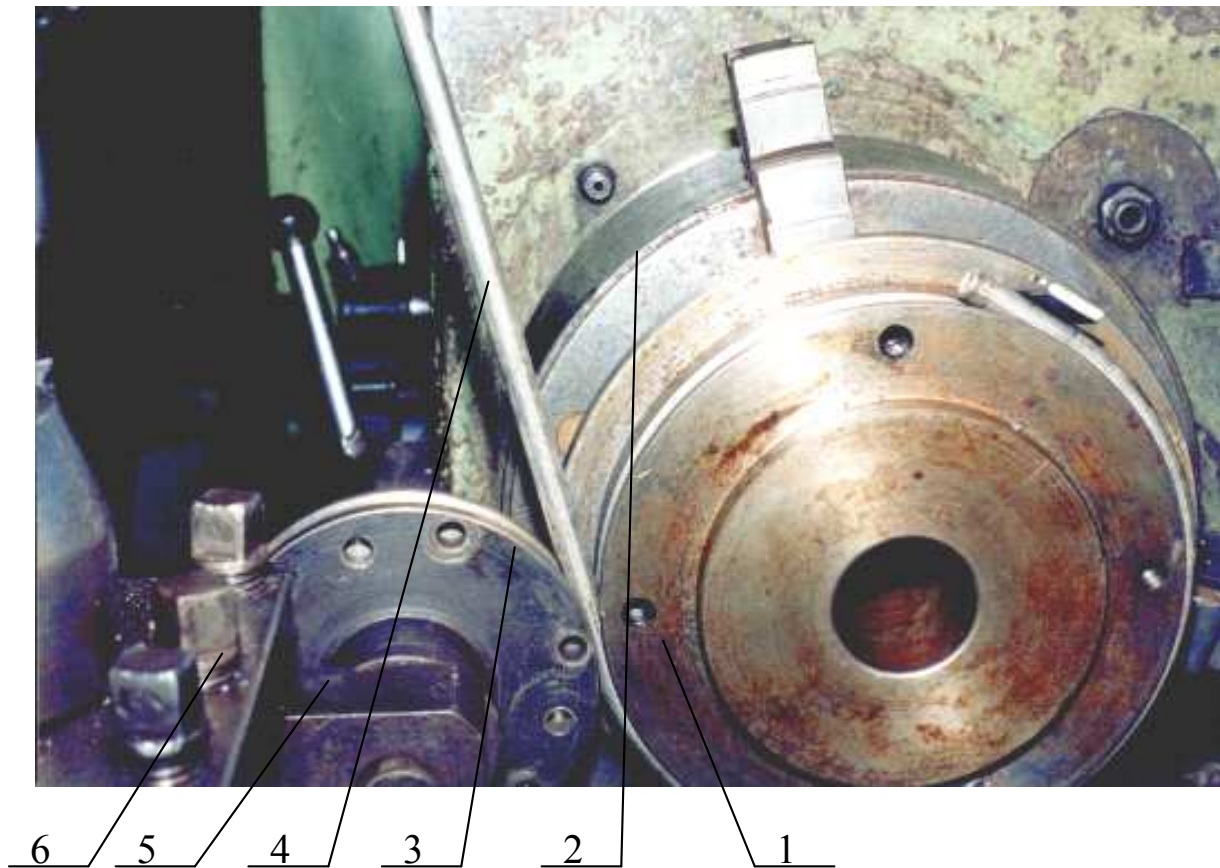


Рисунок 2 – Експериментальна установка для навивання соленоїдів необхідних типорозмірів:
 1 – формувальна оправка; 2 – токарний патрон верстату; 3 – притискний ролик; 4 – трубчаста заготовка;
 5 – кронштейн кріплення притискного ролика; 6 – супорт верстату

Характерною особливістю формувальної оправки і притискного ролика є наявність гвинтових напівкруглих канавок на їх зовнішніх діаметрах.

Змійовики в сільськогосподарському машинобудуванні виготовляються з м'яких матеріалів міді, латуні та алюмінію діаметром 12...16 мм товщиною 1..2 мм з мінімальним кроком 20...50 мм. При необхідності його збільшення збільшують величину подачі на оберт, яка рівна кроку гвинтової лінії змійовика на формувальному ролику.

На рис.3 і рис.4 представлені результати експериментальних досліджень технологічного процесу формоутворення змійовиків різних типорозмірів і матеріалу: алюміній, мідь, сталь 40X13.

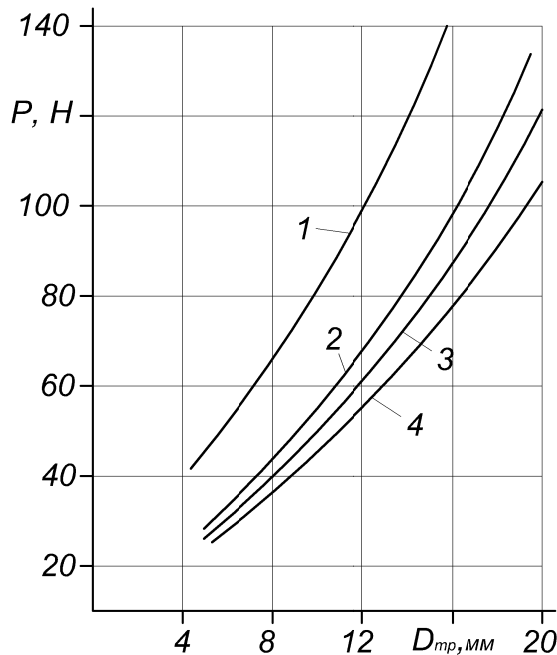


Рисунок 3 – Залежність зусилля формоутворення соленоїдів від їх діаметра: $D_{оправки}=190\text{мм}$ і $S_{стілки}=1,3\text{мм}$.
1 – Сталь 40X13; 2 – мідь;
3 – латунь; 4 – алюміній

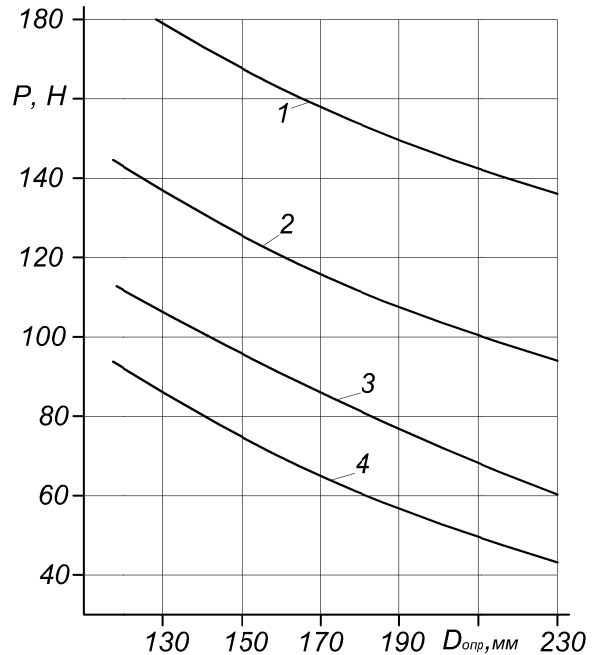


Рисунок 4 – Залежність зусилля формоутворення соленоїдів від діаметра формувальної оправки: $D_{оправки}=12\text{мм}$, $S_{стілки}=1,5\text{мм}$.
1 – Сталь 40X13; 2 – мідь;
3 – латунь; 4 – алюміній

З наведених графіків видно, що зусилля формоутворення змійовиків збільшується зі зростанням діаметрів труб, а із збільшенням діаметра формувальної оправки зменшується.

Висновки

1. Виведено аналітичні залежності для визначення силових параметрів процесу навивання соленоїдів в залежності від марки матеріалу і умов формоутворення і конструктивних параметрів технологічного оснащення.

2. Наведено конструкцію пристрою для навивання багатовиткового соленоїда для виготовлення індукторів та інших змійовиків, на якій в результаті експериментальних досліджень встановлено, що зусилля навивання гвинтових заготовок з матеріалу Ст.40X13, міді і алюмінію на оправку $\varnothing 190$ мм зростає із збільшенням діаметра трубок від 30 до 120 Н і зменшується із збільшенням діаметрів формувальних оправок.

Література

1. Анилович В.Я. и др. Эксплуатационная надежность сельскохозяйственных машин. - Минск: Урожай, 1974. – 264с.
2. Демичев А.Д, Сергеева К.И., Якубович И.И. Закалка шестерен среднего модуля. Промышленное применение токов высокой частоты в электротермии. – Л.: Машгиз, 1981. – С.16-25.
3. А.Е. Слухачький, Индукторы, Библиотека высокочастотника-термиста.-Л.: Машиностроение, 1989. – 68с.
4. Шамов А.Н. ,Бодажков В.А. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок.-Л.: Машиностроение, 1974.-280с.
5. Декларацийний патент №10288, Україна, МПК В21D11/06 Пристрій для неперервного навивання труб. Вітровий Андрій Орестович, Дзюра Володимир Олексійович, Гевко Ігор Богданович, Гевко Іван Богданович. Заявлено 06.04.2005р., опубліковано 15.11.2005, Бюл. №11. – 3с.
6. Декларацийний патент №24594, Україна, МПК В21D11/06 Пристрій для навивання соленоїдів. Гевко Іван Богданович. Заявл.26.01.2007р; Опубл. 10.01.2007, Бюл. №10. – 3с.
7. Маркове М.П. О пластическом изгибе при больших деформациях. – М.: Заводская лаборатория. - 1946. – №4 и 5. – С.86-89.

Одержано 30.07.2008 р.