

УДК 621.369

О.Л. Ляшук, к.т.н.

А.Я. Палюх, здобувач

Тернопільський державний технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНДУКТОРІВ ДЛЯ ГАРТУВАННЯ ПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ

Наведено будову і принцип дії пристрою для навивання різнопрофільних елементів прямокутного поперечного січення для індукторів гартування складних поверхонь деталей машин і технологічного оснащення та інших механізмів різного службового призначення. Виведено аналітичні залежності для визначення зусилля формоутворення, контактних напружень і конструктивних параметрів наведеним пристроєм.

Вступ. Постановка проблеми. Широке використання соленоїдів у теплообмінниках, радіаторах, конденсаторах, а також застосування індукційного нагрівання для різних видів термообробки при виготовленні та відновленні деталей машин вимагають відповідних рекомендацій щодо методів проектування спеціального високопродуктивного технологічного обладнання й оснащення для їх виготовлення.

Аналіз останніх результатів досліджень. Питаннями моделювання технологічного процесу гнуття різних профілів займалися М.Е. Зубцов, Е.М. Мошнин, Е.А. Попов, Б.М. Гевко [1, 2, 3, 4] та ін. Авторами розроблено ряд математичних моделей технологічного процесу гнуття різних профілів у холодному стані, однак дані роботи не враховують ряд технологічних факторів і особливості трубчастих заготовок мають ряд припущень, що робить їх несумісними з реальними технологічними процесами на виробництві.

Робота виконується відповідно до координаційного плану з питань науки і техніки України, розділу “Машинобудування”: “Високопродуктивні технологічні процеси в машинобудуванні” на 2006–2010 рр.

Мета роботи. Метою даної роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення різнопрофільних гвинтових соленоїдів і визначення напружено-деформованого стану при їх навиванні з підігрівом, а також зміни нейтрального радіуса згину, товщини стінок і залежність моментів тангенціальних напружень від внутрішнього радіуса.

Викладення основного матеріалу. Нами розроблено пристрій для навивання профільних гвинтових трубчастих соленоїдів для індукційного нагрівання й гартування складних профілів [5]. Пристрій виконано у вигляді оправки 1, на якій встановлено диски 2 з центральними отворами 3 і шпонковим пазом 4 під шпонку 5 з можливістю осевого переміщення. По зовнішньому діаметру диски утворюють бочкоподібну або іншої форми криву 6 з переходом на два кінці з іншими діаметрами 7, а з правого кінця оправка 1 підтиснута заднім центром 8.

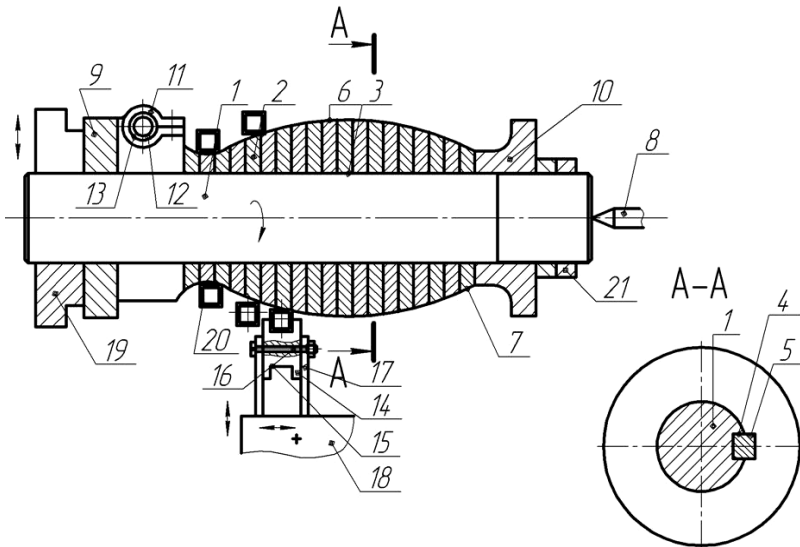


Рис. 1. Пристрій для навивання профільних гвинтових елементів

Крім цього, на оправці з двох кінців жорстко встановлено опорні втулки – ліва 9 і права 10, а до лівої опори жорстко прикріпленій хомут 11 відомої конструкції з внутрішнім діаметром 12, меншим за зовнішній діаметр труби 13 (заготовки) з можливістю регулювання його величини. Хомут внутрішнім діаметром жорстко затискує кінець труби (заготовки), а по зовнішньому діаметру труба взаємодіє з притискним роликком 14, по зовнішньому діаметру якого виконана кругова півкругла канавка 15 радіусом, рівним зовнішньому діаметру труби (заготовки) з можливістю кругового прокручування. Притискний

ролик жорстко закріплений на осі 16, яка жорстко закріплений на кронштейні 17, який другим кінцем жорстко закріплено на супорті 18 токарного верстата і взаємодіє з копіром відомої конструкції з можливістю осьового й радіального переміщення. Привід оправки 1 пристрою здійснюється від токарного патрона 19.

Робота пристрою здійснюється таким чином. Оправка лівим кінцем жорстко кріпиться в патрон токарного верстата, а кінець труби (заготовки) 13 – до хомута 11, вільний правий кінець оправки підтискають заднім центром 8. Після цього вмикається привід верстата, і оправка з дисками 2 здійснює 1–2 оберти, при цьому на диски 2 здійснюється процес навивання витків 20 труби (заготовки). Потім верстат зупиняють, і до витка труби підводиться притискний ролик 14 з кронштейном 17, які настроюються на певне зусилля притиску і копіювання профілю 6 та заданий крок навивання через копір або інший відомий пристрій.

Після завершення технологічного процесу навивання верстат зупиняють, притискний ролик з кронштейном і супортом 18 відводять у вихідне положення, кінець труби 13 звільняють від хомута й відводять задній центр, а праву опору 10 знімають з оправки разом з дисками, які через проміжок між витками гвинтових елементів витягують їх із середини.

Форму й розміри гвинтових профільних елементів можна змінювати, змінюючи при цьому профіль дисків 2 і копіювального механізму.

Розрахункова схема процесу формування наведеним пристроєм зображена на рисунку 2.

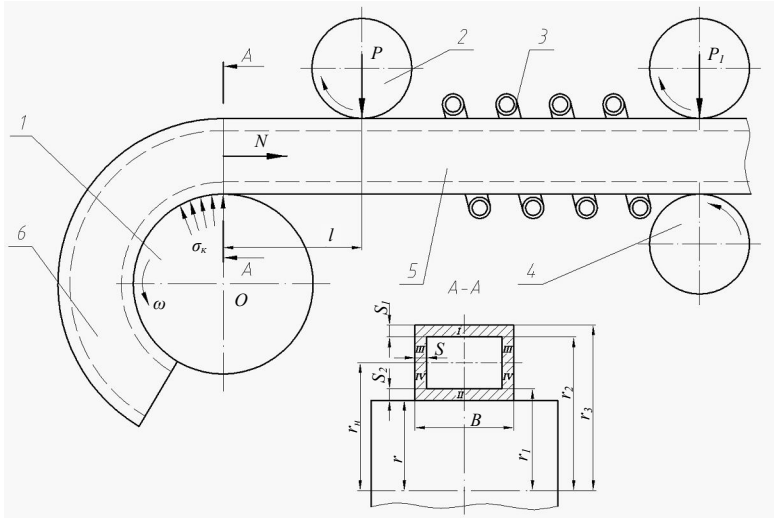


Рис. 2. Розрахункова схема процесу формоутворення соленоїдів з труб прямокутного поперечного сечення:

- 1 – оправа; 2 – формувальний ролик; 3 – індуктор;
4 – гальмівний ролик; 5 – труба; 6 – соленоїд

У процесі навивання труб на оправу на внутрішній її частині можуть утворитися гофри, що є показником втрати стійкості при навиванні, тому для запобігання цього явища використовують гальмівний ролик 4, внаслідок чого виникає поздовжня розтяжна сила N . Для зменшення зусилля P формоутворення соленоїда з труб прямокутного поперечного сечення використовують індукційне нагрівання, яке позитивно впливає також на зменшення відпружинення соленоїда після формоутворення, оскільки при нагріванні знімаються внутрішні напруження, що виникають під час процесу формоутворення.

У процесі навивання соленоїда поперечне сечення прямокутної труби умовно можна поділити на чотири зони (рис. 2, б), які наведено в роботі [6].

Традиційно для аналізу процесів гнuttя використовують полярну систему координат з центром у точці O . Оскільки процес деформації проходить у гарячому стані, зміцнення матеріалу не враховуємо.

Рівняння рівноваги для всіх зон деформації буде таким [1]:

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta = 0, \quad (1)$$

де ρ – радіус деформації, мм; σ_ρ – радіальні напруження, МПа; σ_θ – тангенціальні напруження, МПа.

При сумісному розв'язку рівняння рівноваги й рівняння пластичності знаходимо радіальні напруження:

$$M = M_\sigma + M_N, \quad (2)$$

де M_σ – момент від тангенціальних напружень, Н·мм; M_N – момент від поздовжньої сили N .

Момент від тангенціальних напружень визначаємо за формулою [6]:

$$M_\sigma = \int_{r_1}^{r_3} \sigma_{\theta 2} \rho d\rho + \int_{r_2}^{r_i} \sigma_{\theta 4} \rho d\rho + \int_{r_2}^{r_3} \sigma_{\theta 3} \rho d\rho + \int_{r_1}^{r_3} \sigma_{\theta 1} \rho d\rho. \quad (3)$$

Після перетворень і скорочень рівняння знаходимо:

$$M_\sigma = \beta \sigma_s \left[\frac{1}{2} B \left(\frac{r_3^2 - r_2^2}{2} + r_2^2 \ln \left(\frac{r_3}{r_2} \right) + r_1^2 \left(\ln \left(\frac{r}{r_1} \right) - \frac{1}{2} \right) - \right) + \right. \\ \left. + S \left(\frac{r_2^2 - r_i^2}{2} + r_i^2 \ln \left(\frac{r_2}{r_i} \right) + (r_1^2 - r_i^2) \right) \right], \quad (4)$$

де B – ширина труби, мм; S – товщина стінки труби, мм.

Величину контактних напружень знаходимо за виразом:

$$\sigma_\varepsilon = \frac{N}{B \cdot r}. \quad (5)$$

Момент від поздовжньої сили:

$$M_N = N \frac{r_3 + r}{2}. \quad (6)$$

Зусилля згину труби роликком знаходимо за виразом:

$$P = \frac{M_\sigma}{K_i (l + \mu_\rho \cdot r_3)}, \quad (7)$$

де K_m – коефіцієнт, що враховує конструктивні виконання оправки; l – відстань від центра оправки до центра формувального ролика, мм; μ_ρ – наведений коефіцієнт тертя між роликом та трубою.

Висновки:

1. Розроблено конструкцію пристрою для навивання

різнопрофільних гвинтових соленоїдів прямокутного поперечного січення, які широко використовуються при виготовленні індукторів, теплообмінників, конденсаторів та ін.

2. Виведено аналітичні залежності для визначення зусилля формоутворення контактних напружень і конструктивних параметрів наведеним пристроєм.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Зубцов М.Е.* Листовая штамповка / *М.Е. Зубцов.* – Л. : Машиностроение, 1980. – 432 с.
2. *Гевко Б.М.* Технология изготовления спиралей шнеков / *Б.М. Гевко.* – Львов : Вища школа, 1986. – 128 с.
3. *Мошин Е.М.* Гибка и правка на ротационных машинах / *Е.М. Мошин.* – М. : Машиностроение, 1977. – 209 с.
4. *Попов Е.А.* Основы теории листовой штамповки / *Е.А. Попов.* – М. : Машиностроение, 1980. – 432 с.
5. Пристрій для виготовлення профільних гвинтових елементів : Пат. 44468 Україна : МПК В21D11/06 / *А.Я. Палюх, І.Б. Гевко, О.Л. Ляшук, Р.Р. Івасечко, А.Б. Гупка* ; заявник і патентовласник Тернопільський державний технічний університет. – № u 200902594 ; заявл. 23.03.09 ; опубл. 12.10.09, Бюл. № 19.
6. *Палюх А.Я.* Технологічні передумови навивання соленоїдів круглого поперечного січення на оправку / *А.Я. Палюх* // Наукові нотатки. – 2008.– Вип. 23. – С. 277–235.

ЛЯШУК Олег Леонтійович – кандидат технічних наук Тернопільського державного технічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія машинобудування.

ПАЛЮХ Андрій Ярославович – здобувач Тернопільського державного технічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія машинобудування.

Подано 19.08.2010