

УДК 621.772.068

Ніколаєнко Анатолій Миколайович, професор, кандидат технічних наук
Трегулова Ільміра Павлівна, магістрант

ПРО ФОРМУВАННЯ БУНТІВ У МОТАЛКАХ З ОСЬОВОЮ ПОДАЧЕЮ КАТАНКИ

Запорізька державна інженерна академія

Виконано аналіз технологій формування бунтів у моталках з осьовою подачею катанки, за якими реалізують певний порядок укладання витків щодо шарів бунта. Пропонується алгоритм управління швидкістю виткоутворювача під час формування бунта на кожному його шарі з урахуванням діаметра змотуваної катанки та бажаного кроку укладання витків.

Ключові слова: моталка, бунт, виткоутворювач, крок, шар, катанка

Вступ. Моталки з осьовою подачею прокату (моталки Еденборна) застосовують для сталевих катанки діаметром від 5,5 до 12,0 мм, а також для катанки кольорових металів і сплавів діаметром до 14...16 мм [1,2]. Щоб метал, який безперервно прокатують, набував не лише компактної форми, а і заданих властивостей за всією його довжиною, значної уваги приділяють якості формування бунта, від якого залежить рівномірність охолодження катанки та умови її подальшої термічної обробки.

Аналіз досягнень. У зв'язку з цим напрацьовано багато технологій формування бунтів. Відповідно до робіт [1,2] швидкість обертання виткоутворювача моталки підтримують на рівні швидкості прокатки. Це призводить до одержання витків однакового діаметра, внаслідок чого бунт має рихлу структуру та значні габарити навіть після опресовування.

Для усунення цього недоліку в роботах [3,4] пропонують здійснювати намотування витків за спіраллю із рівними кроками від центру бунта до периферії та навпаки (рис. 1а).

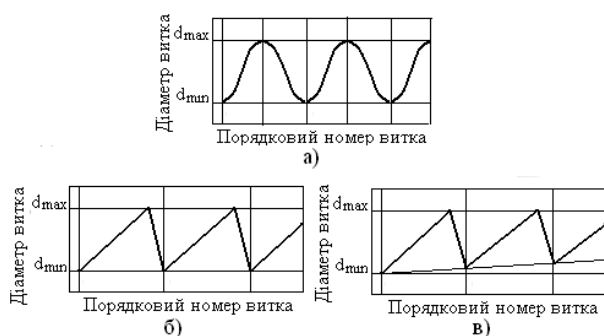


Рисунок 1 – Графіки розподілу витків щодо діаметра у шарах бунта за спіраллю з рівними кроками (а) та за несиметричним укладанням у шарах (б,в)

Проте за термічної обробки такого бунта відбувається нерівномірне прогрівання металу

та його охолодження, внаслідок чого механічні властивості катанки є неоднаковими за перерізом бунта. Окрім того, під час його подальшої переробки, з використанням пристроїв розмотування бунтів, відбувається його незадовільне розмотування.

Тому в роботі [5], укладання витків від центру до периферії та в зворотному напрямі здійснюють з різним кроком спіралі. Одночасно відношення кроку під час намотування від центру до кроку намотування від периферії складає 4,0...12,5 (рис. 1б). Такий спосіб забезпечує добре розмотування бунта, але під час укладання витків мінімального діаметра кожного подальшого шару за рахунок розкиду витків можливе їх западання за витки мінімального діаметра попереднього шару. Під час подальшого розмотування бунтів це призводить до скидання катанки з розмотувальних пристроїв.

Усунення такого недоліку під час формування бунта здійснюють збільшенням діаметра внутрішніх витків кожного подальшого шару не менше ніж на два діаметри катанки (рис. 1в) [6].

За технологією, наведеною у роботі [7], катанку, що безперервно подають, укладають витками з утворенням декількох шарів у формі бунта. Укладання витків починають із зовнішнього шару бунта, при цьому через кожну чверть кола змінюють радіус укладання, починаючи із зовнішнього радіуса бунта на першій чверті кола. На другій чверті кола радіус зменшують до радіуса внутрішнього шару бунта й укладають внутрішню частину витка на третій чверті кола. На останній чверті кола збільшують радіус витка до зовнішнього шару бунта, а подальші витки укладають із зсувом осі симетрії витків на $40...60^\circ$ в одному напрямі, створюючи бунт із співвідношенням ширини до висоти 1:2...1:3. Змінювання радіусів витка на ділянках, кожна з яких складає 45° , наведено на рис. 2.

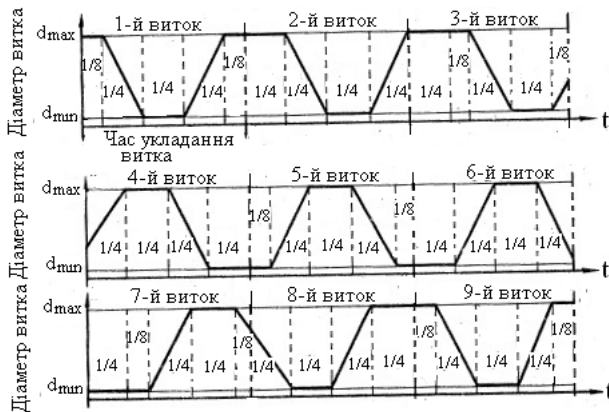


Рисунок 2 – Змінювання радіусів витка на ділянках, кожна з яких складає 45°

Під час формування бунта на моталці з вертикальним намотувальним валом [8] витки укладають за спіраллю, починаючи із зовнішнього витка нижнього шару. Одночасно нижній шар і кожний подальший непарний шар укладають щільно без проміжку між витками, а парні шари формують із кількістю витків від двох до десяти у кожному шарі залежно від марки сталі, (рис. 3).

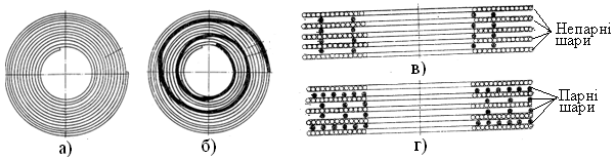


Рисунок 3 – Загальні види нижнього шару бунта (а), нижнього і першого парного шару бунта (б), бунта, де парні шари сформовано з однаковою кількістю витків (в) і бунта, де парні шари сформовано з кількістю витків, які пропорційно зменшуються у середині бунта (г)

Кількість витків у кожному подальшому парному та непарному шарах, пропорційно зменшують до серединних шарів бунта, а потім у подальших шарах пропорційно збільшують. Такий бунт забезпечує більш рівномірне прогрівання та охолодження щодо його перерізу та рівномірний розподіл механічних властивостей катанки за її довжиною. Зменшується кількість окалини в середині бунта, а також не виникають складнощі під час його розмотування після термічної обробки, оскільки бунт добре зберігає свою форму під час нагрівання.

Відповідно до способу формування бунта катанки [9], розробленого для технологічного процесу, що передбачає утворення витків за допомогою виткоутворювача, вісь обертання якого розташована горизонтально або під кутом 3...10° до цієї площини, сформовані витки транспортують на конвеєрі до накопичувальної шахти, де укладають горизонтальними шарами

за висотою бунта. Згідно з таким способом одержання витків змінного діаметра досягають коригуванням швидкості обертання виткоутворювача ω відповідно до формул:

$$\omega = \omega_0 + a \cdot \tau \quad (1)$$

або

$$\omega = \omega_0 \pm \left(\frac{2V}{D_{\max}} - \frac{2V}{D_{\min}} \right) \cdot \Delta\tau, \quad (2)$$

де $\omega_0 = 2V / D_{\min}$ – початкова швидкість обертання виткоутворювача, a – коефіцієнт, що залежить від щільності укладання витків, τ – час формування бунта катанки, V – швидкість подачі катанки; D_{\max} , D_{\min} – відповідно зовнішній і внутрішній діаметр бунта; $\Delta\tau$ – час укладання одного шару витків.

Проте даний спосіб не можна застосовувати на моталках з вертикальним намотувальним валом, оскільки сформований бунт під час термічної обробки має всі недоліки, які є властивими методу симетричного укладання витків щодо шарів. Окрім того, наведені рівняння змінювання швидкості обертання виткоутворювача під час формування бунта не враховують діаметр змотуваної катанки та бажаний крок укладання витків.

З виконаного аналізу видно, що існує значна кількість технологій формування бунтів, в яких пропонують певний порядок укладання витків катанки щодо шарів, де недостатньо приділяють уваги управлінню цим процесом.

Постановка завдання. У зв'язку з цим виникає потреба створення рекомендацій щодо управління роботою моталки, які б дозволили коригувати її роботу на будь-який алгоритм формування бунтів.

Основна частина досліджень. Відомо [1], що радіус кривизни витків R залежить від швидкості подачі катанки та кутової швидкості обертання виткоутворювача. Тоді, для формування витка з максимальним радіусом R_{\max} , кутова швидкість обертання виткоутворювача буде $\omega_1 = V / R_{\max}$, а під час формування витка з мінімальним радіусом R_{\min} , становить $\omega_1 = V / R_{\min}$.

На другому та подальших витках бунта значення кутової швидкості можна знайти за формулами:

$$\begin{aligned} \omega_2 &= \frac{V}{R_{\max} - d \cdot \alpha}, \quad \omega_3 = \frac{V}{R_{\max} - 2d \cdot \alpha}, \\ \omega_n &= \frac{V}{R_{\max} - (n-1) \cdot d \cdot \alpha}, \quad \omega_4 = \frac{V}{R_{\max} - 3d \cdot \alpha}, \dots \\ \dots \omega_n &= \frac{V}{R_{\max} - (n-1) \cdot d \cdot \alpha}. \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{або } \omega_2 = \frac{V}{R_{\min} + d \cdot \alpha}, \omega_3 = \frac{V}{R_{\min} + 2d \cdot \alpha},$$

$$\omega_3 = \frac{V}{R_{\min} + 2d \cdot \alpha}, \dots, \omega_n = \frac{V}{R_{\min} + (n-1) \cdot d \cdot \alpha}. \quad (4)$$

Тоді загальна формула для визначення кутової швидкості обертання виткоукладача на i -том витку, матиме вигляд

$$\omega_i = \frac{V}{R_{\max(\min)} \mp (i-1) \cdot d \cdot \alpha}, \quad (5)$$

тут R_{\max} і « \rightarrow » – за укладанням шару від периферії до центру, R_{\min} і « \leftarrow » – за укладанням шару від центру до периферії, – а час формування i -того витка дорівнює

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}. \quad (6)$$

У разі коли $\alpha = 1$, у шарі укладають максимальну кількість витків без проміжку між ними, а коли $\alpha = (R_{\max} - R_{\min}) / 2d$, кількість витків є мінімальною та дорівнює двом.

Таким чином, користуючись рівняннями (5) і (6), можна коригувати швидкість виткоутворювача під час формування бунта на кожному його шарі з урахуванням діаметра змотуваної катанки та бажаного кроку укладання витків.

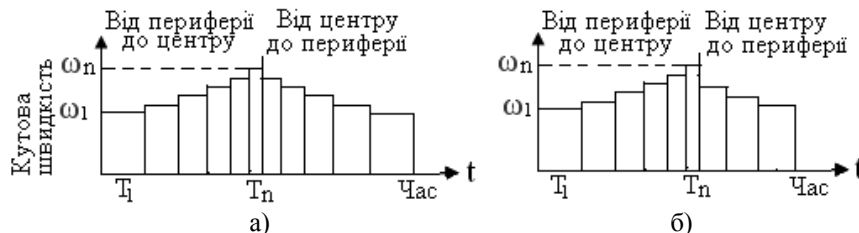


Рисунок 4 – Графіки змінювання швидкості обертання виткоутворювача за симетричним (а) і несиметричним (б) укладанням витків у суміжних шарах бунта

Висновки. Встановлено, що крок укладання витків катанки певного діаметра може бути вибрано довільно для будь-якого витка будь-якого шару бунта, а за його значенням обчислити кутову швидкість виткоутворювача та час форму-

вання витка. Запропонований алгоритм управління роботою моталки перевірено для алюмінієвої катанки діаметром 9,5 мм, яку подають до виткоутворювача моталки із швидкістю 6,2 м/с. Спочатку моделювали симетричне укладання витків від периферії до центру та назад – шість витків у кожному шарі, а потім кількість витків від периферії до центру зменшили до трьох.

За максимальним і мінімальним радіусами витка відповідно, $R_{\max} = 900$ мм і $R_{\min} = 400$ мм, крок укладання шести витків у шарі дорівнює $\alpha_1 = 8,8$, а крок укладання трьох витків – $\alpha_2 = 17,5$. Кутову швидкість обертання виткоутворювача та час формування кожного витка розраховували відповідно до співвідношень (1) і (2).

На рис. 4 наведено графіки змінювання кутової швидкості обертання виткоутворювача за симетричним (а) і несиметричним (б) укладанням витків у суміжних шарах бунта та часу формування витків під час укладанням їх від периферії до центру і навпаки залежно від заданої кількості витків у суміжних шарах.

вання витка. Такі обставини створюють можливість автоматизації процесу формування бунта для будь-якого алгоритму укладання витків катанки.

Бібліографічний список

1. Кугушин, А. А. Высокоскоростная катанка [Текст] / А. А. Кугушин, Ю. А. Попов. – М. : Металлургия, 1982. – 144 с.
2. Акатов, А. И. Новые проволочные и сортовые моталки современных станков и установок непрерывного литья и прокатки металлов [Текст] / А. И. Акатов // Труды института ВНИИМетмаш. – 1979. – № 60. – С. 107-115.
3. Некипелов, В. С. Оборудование для намотки сортового проката и катанки. Теория и конструкции [Текст] / В. С. Некипелов. – Учебное пособие. – М. : Инфа-Инженерия, 2018. – 140 с.
4. А. с. № 410847 СССР. МКИ⁴ В 21 С 47/00. Устройство программного управления водилом моталки проволочного стана / И. В. Гаврилов, Ю. Ф. Левандовский, Н. Г. Кадомский, В. А. Сацкий, М. И. Костюченко, В. С. Маслов. – заявл. 20.01.1973; опубл. 21.05.74.
5. А. с. № 533419 СССР. МКИ⁴ В 21 С 47/02. Способ укладки витков при смотке катанки в большегрузные бунты / А. Н. Иводитов, А. И. Березуев, В. С. Старченко, Ю. И. Алексеев, Н. П. Черненко, Ю. М. Каракин. – заявл. 17.10.1975; опубл. 30.10.1976.

6. А. с. № 793678 СССР. МКИ⁴ В 21 С 47/02. Способ укладки витков при смотке катанки в большегрузные бунты / А. Н. Иводитов, А. И. Березуев, В. С. Старченко, В. И. Стахно, Н. П. Черненко, А. Л. Павлов, А. С. Калоша. – заявл. 07.07.1977; опубл. 07.01.1981.
7. А. с. № 963596 СССР. МКИ⁴ В 21 С 47/02. Способ формирования бунта / Ю. В. Гончаров, И. П. Видишев, В. В. Киселев, М. И. Костюченко, П. П. Криворучко. – заявл. 04.01.1981; опубл. 07.02.1982.
8. А. с. № 4193864 СССР. МКИ⁴ В 21 С 47/02. Способ формирования бунта катанки на моталке с вертикальным намоточным валом / Р. З. Малыгин, В. Н. Садыков, С. Е. Якимов, М. А. Лойферман, Г. Н. Лебедев, В. И. Усяев, В. А. Кашеев. – заявл. 11.02.1987; опубл. 30.07.1987.
9. Патент № 2192323 Российская Федерация. МКИ⁶ В 21 С 47/00. Способ формирования бунта катанки и устройство для его осуществления / В. С. Некипелов. – заявл. 16.01.2002; опубл. 10.11.2002 г.
10. Патент України на корисну модель № 129203. МКВ В 21 С 47/00. Спосіб формування бунта в моталках з осовою подачею катанки / А. М. Ніколаєнко, І. П. Трегулова. – замовл. 16.04.2018; опубл. 25.10.2018.

Николаенко Анатолий Николаевич, кандидат технических наук, профессор кафедры автоматизированного управления технологическими процессами, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: tetri@ukr-net

Трегулова Ильмира Павловна, магистрант кафедры автоматизированного управления технологическими процессами, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: admin@zgia.zp.ua

О ФОРМИРОВАНИИ БУНТОВ В МОТАЛКАХ С ОСЕВОЙ ПОДАЧЕЙ КАТАНКИ

Выполнен анализ технологий формирования бунтов в моталках с осевой подачей катанки, при которых реализуется определенный порядок укладки витков катанки по слоям бунта. Предлагается алгоритм управления скорости виткообразователя при формировании бунта на каждом его слое с учетом диаметра сматываемой катанки и желаемого шага укладки витков.

Ключевые слова: моталка, бунт, виткообразователь, шаг, слой, катанка

Nikolaenko Anatolij, Candidate of Technical Science, Professor of the Department of the Automated Control by the Technological Processes, Zaporizhzhia State Engineering Academy (Zaporizhzhia, Ukraine). E-mail: tetri@ukr.net

Tregulova Il'mira, Postgraduate of the Department of the Automated Control by the Technological Processes, Zaporizhzhia State Engineering Academy (Zaporizhzhia, Ukraine). E-mail: admin@zgia.zp.ua

ABOUT FORMATION OF BUNDLES IN COILING MACHINE WITH AN AXIAL ADVANCE OF WIRE ROD

An analysis of the technology of rebellion formation in winders with an axial serve of wire rod in which set procedure of piling of coils of wide rod on the layers of rebellingis worked out. The algorithm of control speed of laying head is offered at forming of rebelling on every its layer taking into account the diameter of winded up wire rod and desired step of piling of coils and a method of controlling the speed of the wiring is developed taking into account the diameter of the rod and the laying pitch of the turns.

Keywords: winder, riot, wiring, step, layer, wire rod

Стаття надійшла до редакції 24.10.2018 р.
Рецензент, проф. М.Ю. Пазюк

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі
<http://www.zgia.zp.ua>