

УДК 621.774.352

Данченко В. М.
Колповський В. М.
Дрожжа П. В.
Гладкий Ю. О.

КОРЕГУВАННЯ ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ БЕЗПЕРЕРВНОГО ОПРАВОЧНОГО СТАНА ПРИ ПОТОНШЕННІ КІНЦІВ ТРУБ

Характерним дефектом безшовних труб, що прокатуються поштучно в редуційному стані з натягом, варто вважати наявність стовщених кінців на ділянках, що прокатуються при заповненні й звільненні стану. Оскільки кінцеві ділянки труб прокатуються в умовах переважно одностороннього натягу, це приводить до того, що товщина стінки готової труби на певній відстані виходить за межі плюсового допуску. Це обумовлює необхідність відповідної підготовки підкату, у цьому випадку на безперервному оправочному стані, щоб при подальшому редукуванні відбулася певна компенсація потовщення кінцевих ділянок готових труб.

Основною умовою здійснення процесу безперервної прокатки є дотримання закону постійності секундних об'ємів металу в кожній клітці стану:

$$F_i v_i = F_{i+1} v_{i+1} = const, \quad (1)$$

де F_i , F_{i+1} – площа поперечного перерізу труби на виході з калібру i -ої та $(i + 1)$ -ої клітей; v_i , v_{i+1} , швидкість виходу труби з цих клітей.

Однак, додаткове обтиснення кінцевих ділянок викликає порушення умови (1), що може привести до переповнення калібрів і утворення «лампасів», або навіть привести до втрати трубою поздовжньої стійкості. Тому зміна обтиснення стінки труби повинна супроводжуватися відповідним корегуванням частоти обертання валків.

Відомий спосіб потоншення стінки чорнових труб на дев'ятиклітьовому безперервному стані припускає одержання труб зі змінною стінкою на кінцях за рахунок попереднього зведення й розведення в процесі прокатки валків 6 і 7 клітей, або на задньому – прокаткою їх на конусно-циліндричних оправках.

Для визначення параметрів потоншення кінцевих ділянок чорнових труб розроблена методика розрахунку їхніх довжин і характеру зміни товщини стінки. При цьому відправним моментом є необхідний ступінь потоншення стінки з урахуванням умов захвата в безперервному стані й виключення втрати стійкості труб у безперервному й редуційному станах. Методика є основою визначення режиму деформації при прокатці зі змінним обтисненням. Підсумки розрахунку геометричних розмірів підготовлених кінців чорнових труб наведена в табл. 1.

Для проведення практичних розрахунків швидкісного режиму безперервного оправочного стану часто використовують спрощену методику [1], в основу якої покладене визначення частоти обертання валків при відомих параметрах калібровки й заданих коефіцієнтах кінематичного натягу по всім міжклітьовим проміжкам.

При цьому значну складність представляє правильне визначення коефіцієнтів витяжки й діаметрів, що катають, по клітях з урахуванням заданого режиму натягу по стану.

Відомі методи визначення діаметрів, що катають, і поздовжніх напруг у металі при прокатці труб у безперервному стані на довгій циліндричній оправці [2] не повністю враховують особливості безперервної оправочної прокатки [3].

У роботі [4] запропонований метод, що дозволяє розраховувати частоту обертання валків по клітях безперервного стану при заданих поздовжніх напругах у міжклітьових проміжках і зміну в процесі прокатки поздовжніх напруг на границях зон деформації при незмінних значеннях частот обертання валків по клітях. При складанні методу авторами врахований вплив оправки й зміни кількості заповнених клітей на енергосилові й кінематичні параметри деформації металу в стані.

Метою роботи є уточнення методу розрахунку швидкісного режиму безперервного оправочного стана при прокатці з додатковим обтисненням кінцевих ділянок чорнових труб.

Таблиця 1

Геометричні розміри підготовлених кінців чорнових труб

Готова труба		Чорнова труба		Параметри підготовлених кінців чорнових труб			
діаметр, мм	товщина стілки, мм	діаметр, мм	товщина стілки, мм	Передній кінець		Задній кінець	
				довжина, мм	обтиснення по стінці, мм	довжина, мм	обтиснення по стінці, мм
42	3,0	110	3,5	743	1,47	990	1,2
	5,0	110	5,8	765	2,37	1015	1,98
50	3,0	110	3,3	780	1,25	1080	1,0
	5,5	110	6,3	830	2,44	1120	2,02
57	3,5	110	3,5	800	1,18	1150	0,93
	7,0	110	7,30	850	2,39	1180	1,97
76	3,5	110	3,4	670	0,65	1190	0,54
	8,0	110	7,6	680	1,63	1100	1,21

Використання отриманих залежностей стосовно до системи автоматичного регулювання швидкісного режиму дає можливість визначити алгоритм зміни частоти обертання валків у кожній клітці таким чином, щоб зберегти постійними поздовжні напруги в металі при заповненні й звільненні стана, а, отже, – стабілізувати умови деформації протягом усього періоду прокатки [5, 6].

При цьому зазори між валками в клітках, що обтискають стінку гільзи труби, а, отже, і величини обтиснення по клітках у процесі прокатки задаються незмінними, частота обертання валків визначається східчасто у функції заповнення й звільнення стана.

Розглянемо процес прокатки стосовно переднього кінця чорнової труби; прокатка заднього кінця дещо аналогічна прокатці переднього.

Підготовка передніх кінців чорнових труб у безперервному стані передбачає зміну обтиснення стінки труби в 6 і 7 клітках безперервного стана від максимального значення, обумовленого необхідним ступенем потоншення на передньому торці, до нуля – при виході на номінальну стінку, задану таблицею прокатки.

При звичайній прокатці труб із зазорами, що не змінюються, між валками в процесі прокатки в сталому режимі швидкості металу в проміжках постійні. У процесі заповнення стана металом можна прийняти, з незначною погрішністю, рівними швидкості виходу й входу металу відповідно з попередньої й наступної клітей, тобто $V_{ex} = const$ і $V_{eux} = const$.

При збільшенні обтиснення, наприклад, в 6 клітці й незмінних при цьому швидкісному й деформаційному режимах у попередніх клітках швидкість входу металу в цю кліть знизиться, а швидкість виходу – збільшиться. Зниження швидкості входу металу в 6 кліть спричинить перерозподіл зон випередження й відставання відповідно в 5 і 6 клітках, а також по всіх клітках стана. Це приведе, у свою чергу, до виникнення поздовжніх напруг підпору в міжкліткових проміжках перед 6 кліткою, що негативно позначається на умовах формозміни труби в зоні деформації.

Величина поздовжніх напруг підпору, за даними досліджень на безперервному оправочному стані ТПА 30-102 [5], не повинна перевищувати значення $z = -0,45$.

Стабілізувати поздовжні напруги при прокатці труб зі зміною обтиснення по стінці в 6 і 7 клітках стана можна, змінюючи швидкісний режим у процесі прокатки таким чином, щоб зберегти постійною швидкість входу металу в ці клітці. Для цього частота обертання валків у зазначених клітках перед прокаткою труби повинна бути вище заданих по калібруванню значень. З початком прокатки збільшення частоти обертання валків повинне плавно знижуватися від його максимального значення до 0. Час зміни збільшення частоти обертання валків

у клітях повинне відповідати часу зміни обтиснення по стінці. Для збереження незмінної швидкості входу металу в 6 кліть при збільшенні обтиснень на величини $\Delta\delta_1 \dots \Delta\delta_4$ (рис. 1, б) швидкість виходу металу із цієї кліті повинна відповідати значенням $V_{вих,1} \dots V_{вих,2}$ (рис. 1, а).

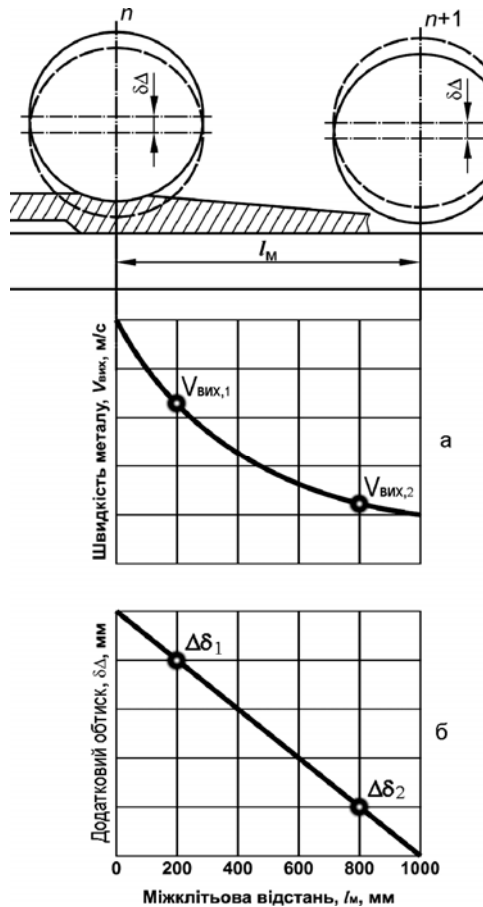


Рис. 1. Відповідність швидкості металу і додаткового обтиску в сусідніх клітях при потонненні кінців труби

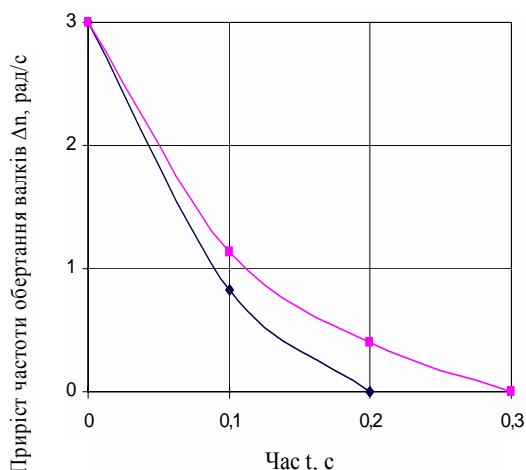


Рис. 2. Зміна частоти обертання валків при прокатці кінцевих ділянок чорнових труб

Аналіз розрахунків показує, що максимальне збільшення частоти обертання в 6 і 7 клітях становить 10,0 рад/с. Забезпечити таке збільшення частоти обертання валків двигуни головних приводів цих клітей не можуть.

Необхідно відзначити, що прокатка передніх кінців труб з потоншенням стінки є нестационарним процесом з убуванням обтиснення.

У роботі [7] відзначається, що використання закону сталості секундних обсягів для аналізу нестационарних процесів неправомірно і реальна швидкість входу металу в зону деформації при нестационарному процесі прокатки відрізняється від розрахованої по залежностях, визначених з умови сталості секундних обсягів.

Аналіз даних, отриманих у лабораторних умовах, показав, що розбіжності у визначенні швидкостей металу на границях зон деформації, отриманих для випадків стаціонарного й нестационарного процесів прокатки труб незначні, і у силу невеликих величин відносини швидкості переміщення валка до швидкості входу металу $V_{вх}$, не перевищує 5%.

Звідси слідує, що для розрахунку швидкостей металу на вході в зону деформації кліті, у якій відбувається потоншення стінки передніх кінців труб, можна застосовувати залежності, отримані з умови збереження сталості секундних об'ємів.

Уточнений метод розрахунку швидкісного режиму безперервного стану при прокатці труб з потоншенням стінки передніх кінців полягає в наступному.

При відомій швидкості виходу металу із кліті можна визначити час заповнення металом кожного міжклітьового проміжку й час проходження переднім кінцем труби в кожній його крапці.

При цьому прийняли наступні допущення:

- зміна обтиснення по товщині стінки передніх кінців труб відбувається тільки в одній кліті;
- характер зміни зазору між валками й, тим самим, обтиснення по стінці в часі приймається лінійним.

Знаючи $\Delta\delta = f(t)$, обчислюються додаткові обтиснення в точках $\Delta\delta_1 \dots \Delta\delta_4 \dots$. Потім, використовуючи методику розрахунку швидкісного режиму [5] і ввівши додаткову операцію по обчисленню збільшення частоти обертання 6 і 7 клітей при відомих додаткових обтисненнях $\Delta\delta_i$, можна визначити збільшення частоти обертання валків 6 і 7 клітей при прокатці труб з потоншення стінки на передніх кінцях (рис. 2).

Передній кінець труби прокатується в умовах натягу й при розрахунках зростання частоти обертання в 6 і 7 клітях максимальний коефіцієнт пластичного натягу в проміжку між 5 і 6 клітями приймався z_i рівним + 0,5, виходячи з реальних умов прокатки труб за звичайною технологією.

Виникає питання: чи потрібне корегування частоти обертання валків 6 і 7 клітей, якщо вести процес прокатки передніх підготовлених кінців труб в умовах підпору в 5 і 6 проміжках? Для рішення цього питання, прийняли значення коефіцієнта пластичного натягу z_i , рівним – 0,45. Виявилось, що при невеликих обтисненнях стінки в 6 і 7 клітях немає необхідності корегувати частоту обертання валків, а при обтисненнях стінки, що перевищують 1 мм, максимальне збільшення частоти обертання валків не перевищує 3,7 рад/с. Експериментальними дослідженнями встановлено, що крива зміни частоти обертання валків клітей, що обтискають, близька до експоненти через малу інерційність системи електропривода й з достатньою для практичних цілей може бути описана наступною залежністю:

$$Dn(t) = n_0 e^{\frac{t}{0,1}}, \quad (2)$$

де n_0 – початкова величина збільшення частоти обертання валків; t – час зміни збільшення.

ВИСНОВКИ

1. При прийнятих величинах додаткових обтиснень $\Delta\delta$ при прокатці передніх кінців труб величина збільшення частоти обертання валків 6 і 7 клітей, яка рівна 3,0 рад/с, буде достатньою, щоб прокатка їх велася в умовах, що забезпечують одержання потоншених кінців труб без «бунтів» і «підрізів». При цьому коефіцієнт пластичного натягу в 5 і 6 міжклітьових проміжках буде відповідати значенням, які рівні $-0,45 \leq z_i \leq +0,5$.

2. Характеристика двигунів головних приводів стана дозволяє збільшити частоту обертання обжимних валків клітей.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Технология трубного производства : учебник / Данченко В. Н., Коликов А. П., Романцев Б. А. и др. – М. : Интернет Инжиниринг, 2002. – 638 с.*
2. *Ваткин Я. Л. Расчет усилий при оправочной прокатке труб / Я. Л. Ваткин, В. М. Друян // Обработка металлов давлением. – М. : Металлургия, 1967. – № 52. – С. 156–164.*
3. *Определение катающего диаметра валков при прокатке труб в круглых калибрах / В. А. Постный, П. В. Дрожжа, В. Н. Колповский, С. В. Мазур // Материалы международной научно-технической конференции «Прогрессивные технологии обработки металлов давлением» : ч. 1. – Минск : БНТУ. – 2004. – С. 21–25.*
4. *Швидкісний режим безперервної оправочної прокатки труб / Данченко В. М., Колповський В. М., Дрожжа П. В. // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции по проблемам совершенствования производства и эксплуатации трубной продукции «Трубокон-2002». – Днепропетровск, 2002. – С. 269–278.*
5. *Оптимізація швидкісного режиму безперервного оправочного трубопрокатного стану / В. М. Данченко, В. М. Колповський, П. В. Дрожжа // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2002. – С. 401–406.*
6. *Данченко В. Н. Развитие теории процессов непрерывной продольной прокатки труб / В. Н. Данченко. – Днепропетровск : Системные технологии, 2005. – 260 с.*
7. *Особенности автоматизации процесса непрерывной оправочной прокатки труб / А. Н. Чернышев, В. Н. Данченко, И. А. Чекмарев [и др.] // сб. Обработка металлов давлением. – М. : Металлургия, 1979. – № 59. – С. 287–291.*

Данченко В. М. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри НМетАУ;

Колповський В. М. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ;

Дрожжа П. В. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ;

Гладкий Ю. О. – асистент НМетАУ.

НМетАУ – Національна металургійна академія України, м. Дніпропетровськ.

E-mail: gladkyomd@meil.ru