

Металургія

pipe, which is deformed in an instant center of deformation. This leads to wear of the rolls and an increase in axial forces.

It is necessary to solve the problem of ensuring a small difference between the forced rolling radius and the natural one.

The work considers the components of the developed method of calculating the parameters of the gear and spur gear, which ensure the minimum possible difference between the forced rolling radius and the natural one for rolling each standard pipe size.

This makes it possible to significantly reduce the sliding speed between the surface of the roll and the pipe in the center of deformation and axial forces.

In turn, this brings the mill equipment and the rolling process to a more advanced technical level.

Keywords: cold plastic deformation of pipes, state of cold rolling of pipes, forced and natural rolling radii, sliding speed of the roll surface on the metal surface of the pipe, axial forces.

Стаття надійшла 18.09.2024р.

УДК 671.774.35

doi.org/10.31498/2522-9990282024318316

Григоренко В.У., Куцевол С.В.

ДО РОЗВИТКУ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІННИХ ПАРАМЕТРІВ ЗУБЧАТОЇ ПАРИ ШЕСТЕРНЯ - РЕЙКА СТАНІВ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ ТРУБ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИРОДНОГО ПРОЦЕСУ ПРОКАТКИ

Для виробництва високоякісних труб використовують значну кількість станів холодної прокатки труб. Холодну прокатку труб виконують валками на нерухомій оправці конічної форми чи з криволінійної твірною. Обертання валків забезпечується через розташоване на вісі валків ведуче зубчасте колесо, що контактує з зубчастою рейкою. Передаточне число є незмінним при переміщенні кліті і це приводить до невідповідності примусового катуючого радіуса природному. Це приводить до великих осьових сил та необхідності нанесення вартісних підсмазочних шарів та спеціальної змазки на труби. Потрібно вирішувати проблему забезпечення примусового катуючого діаметра природному.

В роботі розглядається розвинутий метод розрахунку параметрів зубчастого колеса зубчастої рейки, де кожний наступний зуб знаходиться на іншому ділільному колі, а різниця між ними дорівнює зміні природного катуючого радіусу у відповідному положенні пари зуб колеса та зуб колеса.

Вперше отримано розвинутий метод визначення змінних параметрів зубчастого колеса та рейки, що відрізняються тим, що забезпечується рівність примусового катуючого радіусу та природного радіусу по довжині ходу кліті у процесі холодної прокатки труб. Це дозволяє значно знизити осьові сили при холодній прокатці труб, знизити швидкості ковзання між поверхнею валка та трубою в осередку деформування.

Отримані результати потрібні при проектуванні нових станів холодної прокатки труб та для модернізації діючих, а також для підвищення рівня технології холодної прокатки труб з точки зору якості труб та підвищення міжремонтного часу обладнання стану.

Ключові слова: холодна прокатка труб, природний та примусовий катуючий радіуси, швидкості ковзання поверхні валка по поверхні металу труби, осьові сили.

Постановка проблеми. На станах холодної прокатки виробляють труби підвищеної якості для застосування в різноманітних агрегатах відповідального призначення. Такі труби відрізняються від гарячекатаних значно більш якісною поверхнею, точністю геометрії,

Металургія

стабільністю механічних властивостей. Роботам з розвитку технологій холодної прокатки приділяють значну увагу [1-6].

Пластичну холодну деформацію труб заготовок здійснюють валками на нерухомій оправці (рис. 1).

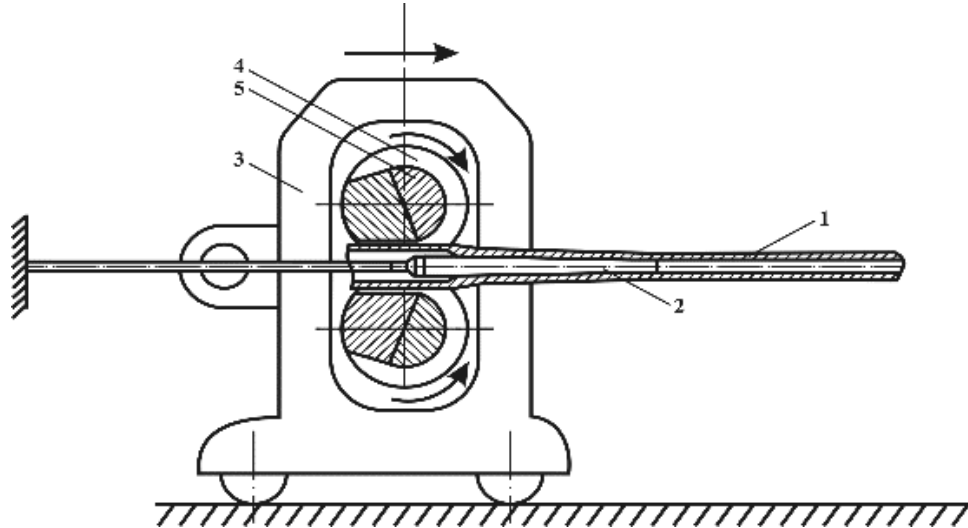


Рисунок 1 – Кліть стану ХПТ, труба та оправка зі стрижнем: 1 – прокатана труба ; 2 – оправка та робочий конус деформування на ній; 3 – станина; 4 – валок; 5 – калібр

Валки обертаються по поздовжньому ходу кліті за рахунок того, що на їх осях розташовані шестерні які контактують з нерухомими зубчастими рейками (рис. 2).

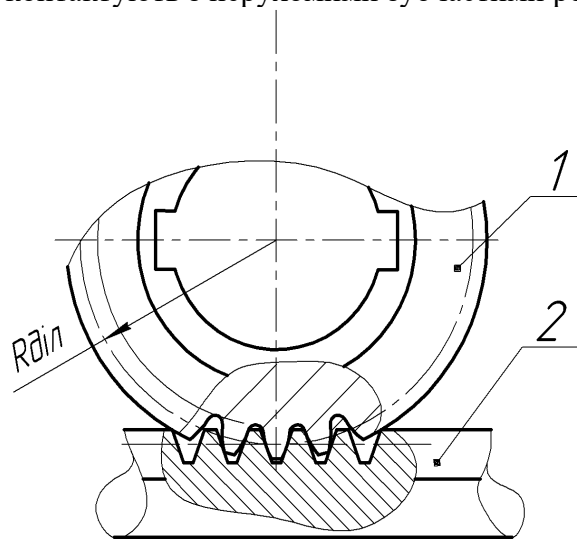


Рисунок 2 – Ведуче зубчасте колесо та нерухома рейка станів холодної прокатки труб валками: 1 - валок; 2 – зубчата рейка; R_{dir} - дільний радіус ведучого зубчастого колеса

Кінематичною особливістю прокатки труб у круглому калібрі є змінна колова швидкість точок поверхні рівчака по його ширині. У вершині калібру вона менша ніж у випусках. Радіус валка на калібрі, де швидкість виходу металу з калібру дорівнює коловій швидкості точки валка називають природним катаючим радіусом. Природній катаючий радіус знаходиться між вершиною рівчака валка та циліндричною поверхнею валка.

Металургія

Примусовим радіусом називають радіус валка, що дорівнює радіусу ділільного кола ведучої шестерні.

Природний катаючий радіус залежить від зміни діаметру труби, що деформується і є змінним по довжині ходу кліті, а примусовий катаючий радіус дорівнює ділільному радіусу ведучої шестерні і є незмінним.

Ось цьому потрібно зменшити значно невідповідність (різницю) між примусовим та природним катаючим радіусом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні для холодної прокатки труб використовують в основному стани типу ХПТ (32, 55, 90). В основному в останнє десятиліття почали використовувати сучасні імпорتنі стани холодної прокатки труб (стани КРВ-25, ХПТ 40-8, ХПТ 6-20 та ін.) .

В таких станах ще не вирішена задача по зменшенню невідповідності (різниці) між примусовим та природним катаючим радіусом. Різниця між примусовим та природним катаючим радіусом впливає на напрямок та інтенсивність ковзання металу між валком та оправкою. Це в свою чергу призводить до появи і збільшення осьових сил.

Відомі дослідження з визначення значень положення природного й примусового катаючого радіуса в калібрі під час прокатки труб на стані ХПТ-32 за маршрутом $22 \times 1,5 \rightarrow 15 \times 0,9$ (рис. 4) [1].

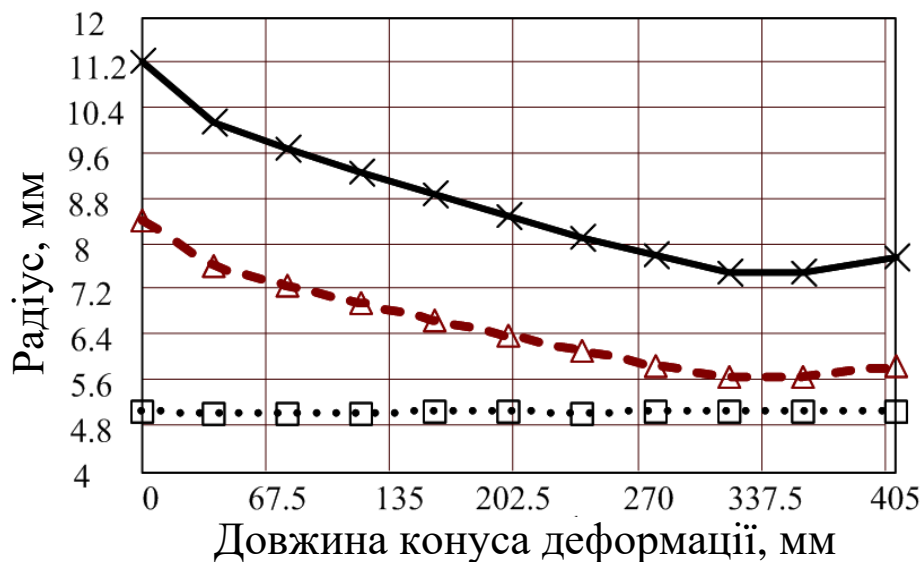


Рисунок 3 – Розрахункові значення значень параметрів калібру, що характеризують положення природного й примусового катаючого радіуса в калібрі під час прокатки труб на стані ХПТ-32 за маршрутом $22 \times 1,5 \rightarrow 15 \times 0,9$ [1]

- ×× - радіус дна калібру
- - радіус шестерні
- ▲▲ - природний катаючий радіус

В трубному інституті (ВНИТИ) були виконані опробування щодо застосування ексцентричних шестерен в парі з незмінною рейкою. Відомі випробування застосування ексцентричних шестерен приводили до швидкого зносу зубів як в рейці так і шестерні. Головною причиною слід назвати те, що одночасно не було запропоновано методичку розрахунків параметрів зубців колеса та рейки.

Відома пропозиція японських розробників по застосуванню некруглих зубчастих коліс з перемінним радіусом за ділільним діаметром [3].

Металургія

Пізніше для наближення примусового процесу прокатки до природного були пропозиції та випробування щодо переміщення зубчастої рейки під час прокатки, застосування рейок під кутом до лінії прокатки, а також застосування пари зубчасте колесо та рейки з перемінним шагом зубців.

Але ці пропозиції на сьогодні не знайшли застосування.

Мета дослідження. Метою статті є представлення з методу визначення змінних параметрів зубастої пари зубчасте колесо та рейка станів холодної прокатки труб для забезпечення виготовлення пар шестерня з змінним ділильним радіусом шестерні і відповідним положенням зубців прямозубої рейки. Це потрібно для розрахунку параметрів шестерні і рейки і для наступного їх виготовлення. Це дає змогу забезпечити відповідність примусового процесу холодної прокатки природному. Це потрібно для проектування нових станів холодної прокатки труб та для модернізації діючих, а також для підвищення рівня технології холодної прокатки труб з точки зору забезпечення високої якості труб та підвищення міжремонтного часу роботи обладнання стану.

Основний матеріал дослідження. При холодній прокатці труб на нерухомій конічній оправці, чи з криволінійною твірною повздожнього її профіля крім сил, що діють на валок, виникають ще сили, що діють на оправку вздовж її вісі. Ці сили залежать в кожному положенні кліті від співположення примусового катаючого радіусу калібру заданого парою шестерня – рейка. Примусовий катаючий є незмінним в конструкціях станів холодної прокатки труб за довжиною ходу кліті а природний катаючий радіус є перемінним за довжиною ходу кліті і залежить від геометричних параметрів труби (рис. 4).

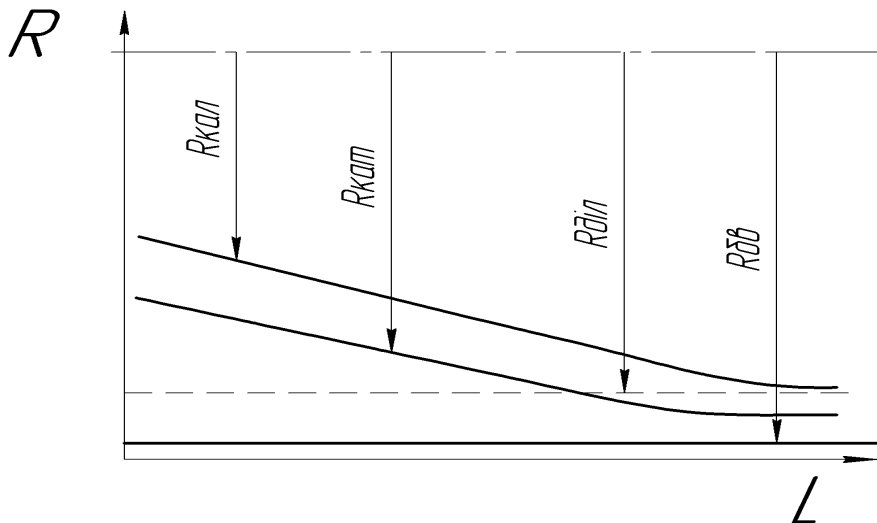


Рисунок 4 – Невідповідність примусового катаючого радіусу (ділильного радіусу ведучої шестерні) природньому катаючому радіусу калібру рівчака валка уздовж ходу кліті у стані холодної прокатки труб валками: $R_{\text{кал}}$ – радіус валка по вершині калібру; $R_{\text{кат}}$ - катаючий радіус, R – ділильний радіус ведучого колеса; $R_{\text{бв}}$ – радіус поверхні бочки валка

Головною причиною не застосування некруглих зубчастих коліс слід назвати те що не було технологій, що могли б забезпечити масового та точного виготовлення пари шестерня – рейка з змінними параметрами (для шестерні з перемінним радіусом за ділильним діаметром, а для рейки необхідного та синхронного зі зміною в шестерні відповідного положення зубців).

Розвиток за останні десятиліття металообробних станків з програмним керуванням дає змогу це зробити.

Металургія

Одним з варіантів зменшення різниці між примусовим та природним катаючими (R_{npk}) радіусами є застосування шестерень з змінним ділильним радіусом для кожного наступного зуба шестерні за законом відповідно з зміною природного катаючого радіусу. Природний катаючий радіус визначається відповідно залежності

$$R_{npk} = R_o - 0,76R_i$$

де, R_o - ідеальний радіус бочки валка, що дорівнює половині діаметра бочки валка плюс зазор між валками при прокатці;

R_i - радіус круглого перерізу робочого конусу в положенні i кліті, що є змінним по довжині робочого конусу

$$R_i = D_o/2 - \Delta D_i/2$$

де, D_o - діаметр робочого конусу деформації на вході труби-заготовки

ΔD_i - різниця між діаметром робочого конусу деформації на вході труби-заготовки та діаметром робочого конусу в положенні i .

В свою чергу розрахунки D_{ii} залежать від вибраного режиму обтиску по діаметру та по стінці труби і може бути визначеним за методом, що приведений в роботі [4].

Такий розвинутий метод [5,6] забезпечить змінне передаточне число між ведучою шестернею та рейкою з максимальним наближенням примусового природному катаючому радіусу і створить нормальні кінематичні та силові умови холодної прокатки труб по зрівнянню з рівнем технології, що застосовується зараз. Це приведе до зменшення зносу рівчаків валків, поліпшення якості поверхні труб та до зменшення осьових сил. Відповідно зменшується руйнування деталей стану.

Рейка з змінними параметрами положення зубців проектується відповідно з значеннями ΔD_i (різниця між діаметром робочого конусу деформації на вході труби-заготовки та діаметром робочого конусу в положеннях i).

ВИСНОВКИ

Вперше отримано розвинутий метод визначення змінних параметрів зубчастого колеса та зубастої рейки, що відрізняються тим, що забезпечується рівність примусового катаючого радіусу та природного радіуса по довжині ходу кліті у процесі холодної пільгерної прокатки труб. Це дозволяє значно знизити швидкості ковзання між поверхнею валка та трубою в осередку деформування та знизити осьові сили при холодній прокатці труб.

Отримані результати потрібні при проектуванні нових станів холодної прокатки труб та для модернізації діючих, а також для підвищення рівня технології холодної прокатки труб з точки зору забезпечення високої якості труб та підвищення міжремонтного часу роботи обладнання стану.

Список використаних джерел

1. McNair, S., Chaharsooghi, A.S., Carnevale, M., Onnela, A., Daugin, J., Cichy, K., ..., & Lunt, A. J.G. (2022). Manufacturing technologies and joining methods of metallic thin-walled pipes for use in high pressure cooling systems. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 118(3-4), pp.667-681. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07982-8>.

2. Григоренко В.У., Пилипенко С.В., Головченко О.П. (2010). Розвиток методу розрахунку параметрів процесу холодної пільгерної прокатки труб і калібровки інструмента: монографія.

Металургія

Дніпропетровськ: Пороги. 120 с.

3. Пат. 61108410 Японія, МКИ В21 В 21/00. Пілігримовий стан холодної прокатки труб / Сумітомо кіндзоку кочо (Японія); Масами О., Масахиро К., Мунэкацу К. (Японія). – Опубл. 27.05.86.

4. Григоренко В.У., Клименко П.Л., Ханін М.І. (2000). Розрахунки калібровки та зусиль в станах холодної прокатки труб з використанням ЕВМ: [Учб. посібник] - Дніпропетровск: НМетАУ, 2000. – 22 с.

5. Григоренко В.У., Куцевол С.В.(2024) Забезпечення рівності природного та примусового катаючого радіусу по довжині зони деформування при холодній прокатці труб. Університетська наука - 2024 : тези доп. Міжнар.науково-техн. конф. (Дніпро, 23-24 травня 2024 р) : в 3 т. Т. 1: факультети: Навчально-науковий інститут сучасних технологій, машинобудування та зварювання, транспортний, інформаційних технологій / ДВНЗ «ПДТУ». – Дніпро: ДВНЗ«ПДТУ», 2024. – 331 с., с.27-29. https://drive.google.com/file/d/1GUhI_j5-ZS--VIMLesla7Ev0c_TQtd97/view

6. V.U. Grigorenko, S.V. Kutsevol, I. Mamuzić. (2024). To ensure the supply of natural rolling radius of Primus in cold pipe rolling mills. 17th SYMPOSIUM „MATERIALS AND METALLURGY“ supplement of “Book of Abstracts”, METALURGIJA 63 (2024) 3-4, 477-492. <https://hrcak.srce.hr/file/456175>

Hryhorenko V.U., Kutsevol S.V.

TO THE DEVELOPMENT OF THE METHOD FOR DETERMINING THE VARIABLE PARAMETERS OF THE GEAR PAIR - RAIL OF THE COLD ROLLING STATIONS OF PIPES TO ENSURE THE NATURAL ROLLING PROCESS

For the production of high-quality pipes, a significant number of cold rolling mills are used. Cold rolling of pipes is carried out by rolls on a stationary mandrel of a conical shape or with a curved mill. The rotation of the rolls is provided through a driving gear wheel located on the axis of the rolls, which is in contact with the toothed rail. The gear ratio is unchanged when moving the cage and this leads to a discrepancy between the forced rolling radius and the natural one. This leads to large axial forces and the need to apply expensive lubrication layers and special lubrication to the pipes. It is necessary to solve the problem of ensuring the forced rolling diameter to a natural one.

The paper considers a developed method of calculating the parameters of a gear wheel of a gear rack, where each subsequent tooth is located on a different dividing circle, and the difference between them is equal to the change in the natural rolling radius in the corresponding position of the pair of wheel tooth and wheel tooth.

For the first time, a developed method of determining the variable parameters of the gear wheel and rail was obtained, which differ in that the equality of the forced rolling radius and the natural radius along the length of the cage during the cold rolling of pipes is ensured. This makes it possible to significantly reduce axial forces during cold rolling of pipes, to reduce sliding speeds between the surface of the roll and the pipe in the center of deformation.

The obtained results are needed for the design of new cold rolling mills for pipes and for the modernization of existing ones, as well as for improving the level of cold rolling pipe technology in terms of pipe quality and increasing the time between repairs of mill equipment.

Keywords: cold rolling of pipes, natural and forced rolling radii, sliding speed of the roll surface on the metal surface of the pipe, axial forces.

Стаття надійшла 18.08.2024 р.