

І.Ю. Приходько, д-р техн. наук, ст. наук. співр., зав. відділу, e-mail: isi@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5651-8106>

С.В. Бобирь, д-р техн. наук, ст. наук. співр., пров. наук. співр., e-mail: svbobyr07@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-6816-1554>

С.О. Воробей, д-р техн. наук, ст. наук. співр., ст. наук. співр., e-mail: vso54@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-0119-3935>

Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України (Дніпро, Україна)

Прогнозування живучості прокатних валків

Запропоновано новий метод прогнозування живучості прокатних валків. Метод розділяє оцінку параметрів валків у стані поставки та експлуатації. Враховуються наступні параметри валків у стані поставки, які зазвичай регламентуються в технічній документації: марка і хімічний склад сталі; глибина загартованого шару при термічній обробці; твердість поверхні бочки. Окрім цих параметрів запропоновано враховувати наступні найбільш важливі з точки зору подальшої експлуатації валків: кількість залишкового аустеніту в загартованому шарі; щільність дендритної структури; величину залишкових напружень; нерівномірність твердості поверхні бочки валка. Найбільший вплив на довговічність валків можуть надавати залишкові напруження, що виникають при термічній обробці. Оцінку напружень доцільно проводити із застосуванням методів комп'ютерного моделювання, що дозволяє простежити всю кінетику формування структури і залишкових напружень у валках при термічній обробці. В методиці враховуються наступні параметри експлуатації валків: фактичне середнє приведенне питоме навантаження на валок з урахуванням внутрішніх напружень і динамічних навантажень; фактична середньомасова робоча температура валка; характерний розмір та вид дефектів, інтенсивність зносу валка. Показано, що в умовах промислових підприємств найбільш просто і зручно довговічність валка оцінювати сумарною масою металу, прокатаного цим валком до його списання. Наведено емпіричні залежності, значення коефіцієнтів та базових параметрів робочих та опорних валків товстолистових, широкоштабових станів гарячої та холодної прокатки для розрахунку довговічності їх експлуатації та живучості. Розроблена методика дозволяє оцінювати вплив різних факторів виробництва та експлуатації валків. Наведено приклад спрощеного розрахунку довговічності робочих валків чистової групи широкоштабового стану гарячої прокатки. Зокрема, розрахунки показують, що збільшення глибини загартованого шару робочого валка на 20 % і твердості на 10 % дозволяє збільшити сумарну масу прокату до списання валків приблизно на 50 %.

Ключові слова: прокатні валки, параметри вихідного стану та експлуатації, прогнозування живучості.

Вступ. Питання оцінки можливої тривалості експлуатації прокатних валків вельми важливе для визначення своєчасності закупівлі валків, забезпечення раціональної схеми обороту валків на підприємстві. На практиці при використанні валків однієї марки сталі, одного виробника та сталої технології виготовлення валків визначення необхідного парку валків і раціональної схеми їх обігу, як правило, виконують, виходячи з накопленого статистичного набору даних за показниками експлуатації та причин списання валків. Завдання ускладнюються при зміні постачальника валків, зміні марки сталі, технології виготовлення або режимів експлуатації валків при освоєнні нових видів сортаменту з підвищеними обтисканнями, швидкостями прокатки, що впливають як

на контактні питомі сили, так і на зсувні напруження при захваті металу валками. В цьому випадку найважливішим завданням стає теоретична оцінка можливої тривалості експлуатації прокатних валків (їх живучості).

Мета роботи – розробка методів прогнозування живучості прокатних валків, що є актуальною задачею.

Сучасний стан питання. Відомі публікації з цього питання не враховують багато факторів, що впливають на живучість прокатних валків.

Наприклад, в роботі [1] оцінка живучості прокатних валків здійснена в детермінованій постановці з використанням рівняння, що описує лінійну ділянку кінетичної діаграми втомного руйнування:

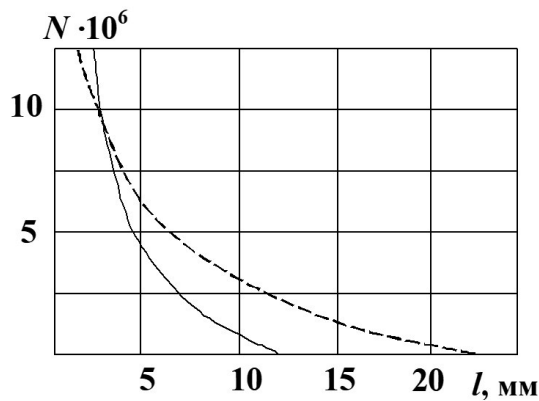


Рис. 1. Довговічність робочого валка [1]

$$dl/dN = C \cdot (K_{lmax}/D)^m, \quad (1)$$

де K_{lmax} – максимальне значення коефіцієнта інтенсивності напружень за цикл, яке вираховується, виходячи з сумарних напружень від прокатки і залишкових напружень від термообробки; l – радіус дискової тріщини; N – число циклів; C , m – емпіричні коефіцієнти, що залежать від матеріалу валка (для сталейних валків можна прийняти $C = 10^{-7}$, $m = 2,85$); D – коефіцієнт, що залежить від матеріалу валка і коефіцієнта асиметрії R .

На рис. 1 і 2 представлено результати розрахунку довговічності (кількості циклів) суцільно кованих робочого і опорного валків відповідно [1].

Автори роботи [2] наводять загальну схему факторів, що впливають на живучість валків. З аналізу схеми видно, що, окрім зносу, на живучість валка впливають циклічні напруження на поверхні бочки валка. Підвищення межі міцності пропорційно викликає підвищення межі текучості і межі витривалості сталей і, відповідно, ресурсу їх роботи при циклічних навантаженнях. Однак ця схема носить якісний характер і не дозволяє виконувати кількісні оцінки живучості валків.

В роботі [2] вплив залишкових напружень описується через їх відношення до межі витривалості для різних марок валкових сталей.

Дані робіт [1, 2] використані нами при розробці методів прогнозування живучості прокатних валків.

Основні результати роботи. Авторами цієї роботи запропоновано наступний метод прогнозування живучості прокатних валків.

На першому етапі необхідно провести оцінку параметрів валків в стані поставки, найбільш важливих з точки зору їх подальшої експлуатації. У технічній документації на валки зазвичай регламентуються наступні показники:

- марка сталі;
- хімічний склад сталі;
- глибина загартованого шару при термічній обробці;
- твердість поверхні бочки.

Від матеріалу валків залежить твердість і пов'язана з нею зносостійкість, а також можлива глибина загартованого шару при термічній обробці і його фазовий склад. Технологія виготовлення визначає ступінь деформаційного опрацювання литої структури, глибину

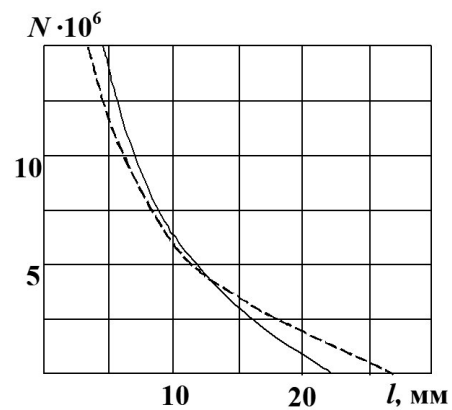


Рис. 2. Довговічність опорного валка [1]

загартованого шару, твердість на поверхні і розподіл твердості по товщині загартованого шару, залишкові напруження в об'ємі валка.

В результаті проведених нами досліджень встановлено, що для більш об'єктивної оцінки живучості валків в стані поставки додатково до вказаних параметрів необхідно знати наступні:

- кількість залишкового аустеніту в загартованому шарі;
- щільність дендритної структури;
- величину залишкових напружень;
- нерівномірність твердості по поверхні бочки валка.

Із зазначених факторів найбільший вплив на довговічність валків можуть надавати залишкові напруження, що виникають при термічній обробці. Ці напруження при їх великих значеннях можуть привести до руйнування валка на ранніх стадіях експлуатації, а іноді навіть до її початку. У той же час, визначити величину залишкових напружень складно. Експериментальні методи малоефективні, оскільки руйнуючи методи передбачають пошкодження дорогого валка, а неруйнівні методи мають зазвичай високу похибку [1]. До того ж експериментальні методи не дозволяють визначити тимчасові напруження, що мають місце безпосередньо в процесі термообробки, а вони в ряді випадків бувають вище залишкових. Визначення внутрішніх дефектів суцільності нових валків, як факторів їх подальшої експлуатаційної живучості, ультразвуковими методами має складнощі у зв'язку з їх великими діаметрами і товщиною робочого шару валків. У зв'язку з цим оцінку напружень доцільно проводити із застосуванням методів комп'ютерного моделювання, що дозволяє простежити всю кінетику формування структури і залишкових напружень у валку при термообробці [3–5].

Сукупність зазначених вище параметрів дає досить повну картину стану валка при поставці з позицій його живучості (довговічності). Однак на практиці прийнято оцінювати довговічність валка більш конкретними параметрами, які легко визначаються. До таких можна віднести:

- сумарну масу прокату (або довжину прокату, кількість монтажних партій), виробленого на даному валку до його списання;
- витрату валків на тонну виробленого прокату, кг/т;

- використання ресурсу робочого шару, %;
- середнє напрацювання валка (кількість прокату, відповідного одному міліметру зменшення діаметра при переточуванні валка), т/мм;
- середнє знімання металу при перешліфовці, мм.

В умовах промислових підприємств найбільш просто і зручно довговічність валка оцінювати сумарною масою прокату, виробленого на даному валку до його списання.

На валках в процесі експлуатації (наприклад, при ударах під час захвату переднього кінця розкату, при збурюванні штаби) можуть виникати дефекти на поверхні бочки. Якщо ці дефекти не призводять до поломки валка і можуть бути усунені при їх перешліфовуванні, то це призводить до збільшення знімання металу і, отже, зменшення довговічності валків.

В актах обстеження валків після появи великих дефектів або поломок вказується причина списання валка: ступінь використання робочого шару, вид дефектів на поверхні валка, місце поломки (по бочці або шийці валка).

При підвищених статичних і динамічних навантаженнях під час експлуатації валки можуть виходити з ладу внаслідок поломок шийок або появи дефектів, які неможливо усунути (наприклад, тріщини, глибиною, що перевищує товщину залишкового загартованого шару).

Загальну схему експлуатації валка (при відсутності поломок в процесі їх роботи) можна представити в такий спосіб: (завалка валка в робочу кліть) → (прокатка монтажної партії штаб) → (вивалювання валка з кліті) → (переточування валків) → (завалка в кліть) → (повторення цього циклу до повного використання робочого шару валка) → (списання валка).

Таким чином, очікувана довговічність експлуатації валків (сумарна маса прокату – $M_{\text{ПРО}}$) при відсутності пошкоджень і поломок валків визначається:

$$M_{\text{ПРО}} = (H_{\text{ЗАГ}}/S_{\text{ШЛ}}) m_{\text{СР}} \quad (2)$$

де $H_{\text{ЗАГ}}$ – товщина загартованого робочого шару валка, мм; $S_{\text{ШЛ}}$ – середня глибина знімання при перешліфовуванні валка, мм; $m_{\text{СР}}$ – середня маса монтажної партії прокату, т.

Середня глибина знімання при перешліфовці валка визначається, головним чином, максимальною величиною зносу за період прокатки однієї монтажної партії або глибиною найбільш глибокого дефекту на поверхні валка (відкол, відшарування, надав та інше).

Живучість прокатного валка, як показано вище, залежить від двох груп факторів – технології виготовлення валка і умов його експлуатації. Тому у даній роботі для оцінки живучості валка нами пропонується застосувати коефіцієнти живучості валка відповідно в стані поставки ($K_{\text{Ж0}}$) і експлуатації ($K_{\text{Ж1}}$).

Тоді очікувана маса прокату до списання валків буде визначатися за залежністю:

$$M_{\text{ПРО}} = (H_{\text{ЗАГ}}/S_{\text{ШЛ}}) \cdot m_{\text{СР}} \cdot K_{\text{Ж0}} \cdot K_{\text{Ж1}} \quad (3)$$

Коефіцієнт живучості валка в стані поставки визначається:

$$K_{\text{Ж0}} = (HRC/HRC_0)^{n_1} \cdot (D_0/D)^{n_2} \cdot (1 - A\gamma)^{n_3} \cdot (1 - \sigma_{\text{max}}/\sigma_B), \quad (4)$$

де HRC – фактична твердість поверхні валка; HRC_0 – базове значення твердості поверхні валка; D – фактична щільність дендритної структури загартованого шару валка; D_0 – базове значення щільності дендритної структури загартованого шару валка; $A\gamma$ – частка залишкового аустеніту в загартованому шарі валка; σ_{max} – максимальна величина залишкових напружень, МПа; σ_B – розрахункове значення тимчасового опору розриву матеріалу прокатного валка, МПа; n_1, n_2, n_3 – показники ступеня впливу факторів.

Величину σ_B можна визначити, наприклад, за відомою твердістю сталі [6]. Щільність дендритної структури визначається за методикою, запропонованою в роботі [7].

Коефіцієнт живучості валка в стані експлуатації $K_{\text{Ж1}}$ визначається за такою залежністю, в якій враховується вплив дефектів на поверхні бочки валка в разі їх появи на будь-якому етапі експлуатації:

$$K_{\text{Ж1}} = (T_0/T)^{n_4} \cdot (p_0/p)^{n_5} \cdot (1 - K_{\text{def}} \cdot L_{\text{def}}/H_{\text{ЗАГ}})^{n_6}, \quad (5)$$

де T – фактична середньомасова робоча температура валка, °C; T_0 – базова середньомасова робоча температура валка, °C; p – фактичне середнє приведенне питоме навантаження на валок з урахуванням внутрішніх напружень і динамічних навантажень, МПа; p_0 – базове значення навантаження, МПа; K_{def} – коефіцієнт виду дефекту; L_{def} – характерний розмір дефекту, мм; $H_{\text{ЗАГ}}$ – товщина загартованого шару валка, мм; n_4, n_5, n_6 – показники ступеня впливу факторів.

Базові значення параметрів визначаються, виходячи з гарантованого виробником ресурсу експлуатації валка даного типу.

Значення коефіцієнта виду дефекту (K_{def}) і характерний розмір дефекту (L_{def}) вибираються відповідно до дефекту, найбільш небезпечного для живучості даного валка із наявних.

Для застосування запропонованих залежностей нами прийняті базові значення параметрів, які наведені в табл. 1 і 2. В таблицях ТЛС – товстолистовий стан, ШСГП і ШСХП – широкоштабові стани гарячої і холодної прокатки.

З огляду на те, що основним фактором довговічності прокатних валків є їх знос в процесі експлуатації, коефіцієнти залежностей (4) і (5) визначали на основі розробленого нами раніше методу розрахунку зносу прокатних валків [8], заснованого на результатах теоретичних робіт [9, 10].

Відповідно до результатів цих робіт знос робочого валка визначається сумарною довжиною прокатаних штаб, величиною витяжки штаб в даній кліті, розмірами осередку деформації і інтенсивністю зносу.

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень нами була отримана наступна залежність для розрахунку інтенсивності зносу [4]:

Таблиця 1

Значення базових параметрів для розрахунку коефіцієнта живучості робочих валків листопрокатних станів

Параметр	Значення параметрів для типів станів				
	ТЛС		ШСГП		ШСХП
	чорнова кліть	чистова кліть	чорнова кліть	чистова кліть	
Твердість поверхні, HRC	60	60	60	65	65
Щільність дендритної структури, 1/см ²	200	250	200	250	170
Частка залишкового аустеніту в загартованому шарі валка, %	5	5	5	5	5
Базова середньомасова робоча температура валка, °C	65	65	65	65	65
Базове значення контактного навантаження на валок, МПа	150	200	150	250	300

Таблиця 2

Значення базових параметрів для розрахунку коефіцієнта живучості опорних валків листопрокатних станів

Параметр	Значення параметрів для типів станів				
	ТЛС		ШСГП		ШСХП
	чорнова кліть	чистова кліть	чорнова кліть	чистова кліть	
Твердість поверхні, HRC	50	50	50	50	50
Щільність дендритної структури, 1/см ²	170	200	170	200	150
Частка залишкового аустеніту в загартованому шарі валка, %	5	5	5	5	5
Базова середньомасова робоча температура валка, °C	40	40	40	40	40
Базове значення контактного навантаження на валок, МПа	200	300	250	400	450

Таблиця 3

Значення коефіцієнтів у формулах для розрахунку $K_{ж0}$, $K_{ж1}$

n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6
4,5	0,5	1,5	0,54	0,57	4,0

$$I_3 = 60,2 \cdot 10^4 \cdot p_{CP}^{0,57} \cdot (f/HRC)^{4,5} \cdot \exp(0,0083 \cdot T_B), \quad (6)$$

де p_{CP} – середнє нормальне контактне напруження; f – коефіцієнт тертя при прокатці; HRC – твердість поверхні валка; T_B – середня температура валка при прокатці.

На основі результатів робіт [1, 4, 7–10] отримано середні значення коефіцієнтів n_1 – n_6 , які наведено в табл. 3.

На основі даних роботи [1] встановлено, що значення K_{def} в рівнянні (5) залежно від глибини загартованого шару складає 2,6–3,9.

Наведемо приклад спрощеного розрахунку довговічності робочих валків чистової групи широкоштабового стана гарячої прокатки.

Середня глибина знімання при перешліфовуванні робочих валків чистової групи широкоштабових ста-

нів гарячої прокатки складає орієнтовно 0,5 мм (при діапазоні 0,3–1,1 мм), середня маса монтажної партії – 2500 т, середнє сумарне допустиме зменшення радіуса валка при переточуванні (яке визначається глибиною загартованого шару) – 25 мм. Таким чином, очікувана середня (базова) сумарна маса прокату за повний час експлуатації робочого валка становить 125000 т.

При використанні валків більшої твердості поверхні бочки (70 HRC замість 65 HRC) зі збільшеною глибиною робочого шару (30 мм замість 25 мм) при незмінних інших параметрах валків (щільності дендритної структури і кількості залишкового аустеніту) очікувана маса прокату складе 210000 т, тобто майже в півтора рази більша в порівнянні з базовим варіантом.

Розроблений метод розрахунку дозволяє визначати найбільш ефективні методи та напрями впливу

на живучість прокатних валків. Наприклад, розрахунковий вплив різних факторів на довговічність експлуатації робочих валків чистової групи клітей широкоштабових станів гарячої прокатки складає (%):

- твердість поверхні валка – 15;
- товщина загартованого шару – 14;
- максимальна величина залишкових напружень – 11;
- частка залишкового аустеніту в загартованому шарі валка – 13;
- щільність дендритної структури загартованого шару – 8;
- середнє приведенє питоме навантаження – 12;
- середньомасова робоча температура валка – 8;
- інші фактори – 19.

Наведені дані показують, що найбільш ефективними факторами збільшення живучості робочих валків чистової групи є підвищення твердості поверхні валків і товщини загартованого шару, зменшення частки аустеніту і величини залишкових напружень.

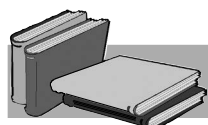
Висновки

1. В даній роботі для оцінки живучості валка запропоновано застосувати коефіцієнти живучості валка відповідно в стані постачання ($K_{ж0}$) і експлуатації ($K_{ж1}$).

2. В результаті проведених досліджень встановлено, що для більш об'єктивної оцінки живучості валків в стані постачання додатково до відомих параметрів слід використовувати наступні:

- кількість залишкового аустеніту в загартованому шарі;
- щільність дендритної структури;
- величину залишкових напружень;
- нерівномірність твердості поверхні бочки валка.

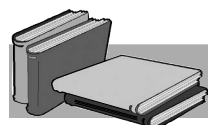
3. Запропоновано новий метод оцінки живучості прокатних валків в стані експлуатації, що враховує рівень і розподіл залишкових напружень, наявність і вид ушкоджень, температурні умови і рівень навантажень в процесі прокатки.



ЛІТЕРАТУРА

1. Бочектуева Е.Б. Разработка расчетных методов оценки живучести рабочих и опорных прокатных валков: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук: спец. 01.02.06 «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры» / Е.Б. Бочектуева. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 19 с.
2. Полухин П.Н., Николаев В.А., Полухин В.П., Толпеева Н.М. Прочность прокатных валков. Алма-Ата: Наука, 1984. 295 с.
3. Бобырь С.В., Крот П.В., Приходько И.Ю. и др. Моделирование фазовых превращений в процессе охлаждения легированных сталей при термической обработке прокатных валков. *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр.* Днепр: Візіон. 2017. Вып. 31. С. 227–236.
4. Krot P.V., Bobyr S.V., Dedik M.A. Simulation of backup rolls quenching with experimental study of deep cryogenic treatment. *Int. J. of Microstructure and Materials Properties*. 2017. Vol. 12. No. 3/4. P. 259–275.
5. Bobyr S.V., Krot P.V., Loschkarev D.V. Models of Structural Phase Transformations and Mechanical Properties of Alloy Steels Rolls. Chapter in book *Carbon Steel: Microstructure, Mechanical Properties and Applications* – Hauppauge (USA): Nova Science Publishers, Inc. 2019. P. 81–106. ISBN 978-1-53615-436-8.
6. Блюменауер Х., Хартмут В., Ирмагд Г. и др. Испытание материалов; пер. с нем. под ред. М.Л. Бернштейна. Москва: Металлургия, 1979. 447 с.
7. Левченко Г.В., Демина Е.Г., Воробей С.А. и др. Оценка деформированного состояния металла по изменению параметров дендритной структуры. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2009. № 5. С. 71–75.
8. Воробей С.А. Прогнозирование износа рабочих валков широкополосного стана горячей прокатки. *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр.* Днепропетровск: Візіон. 2006. Вып. 12. С. 213–220.
9. Литовченко Н.В., Заверюха В.Н. К оценке износа валков станов прокатки тонкой листовой стали. *Известия ВУЗов. Черная металлургия*. 1966. № 11. С. 83–86.
10. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. Москва: Машиностроение, 1977. 526 с.

Надійшла 22.02.2022



REFERENCES

1. Bochektueva, E.B. (2010). Development of calculation methods for assessing the survivability of working and supporting rolling rolls. Dissertation abstract. Speciality 01.02.06 "Dynamics and strength of machines, devices and equipment". Moscow: MSTU of N.E. Bauman, 19 p. [in Russian].
2. Polukhin, P.N., Nikolaev, V.A., Polukhin, V.P., Tolpeeva, N.M. (1984). Strength of rolling rolls. Alma-Ata: Nauka, 295 p. [in Russian].

3. Bobyr, S.V., Krot, P.V., Prihodko, I.Yu. et al. (2017). Modeling of phase transformations during cooling of alloyed steels during heat treatment of rolling rolls. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*. Dnepr: Vision, iss. 31, pp. 227–236 [in Russian].
4. Krot, P.V., Bobyr, S.V., Dedik, M.A. (2017). Simulation of backup rolls quenching with experimental study of deep cryogenic treatment. *Int. J. of Microstructure and Materials Properties*, vol. 12, no. 3/4, pp. 259–275.
5. Bobyr, S.V., Krot, P.V., Loschkarev, D.V. (2019). Models of Structural Phase Transformations and Mechanical Properties of Alloy Steels Rolls. Chapter in book *Carbon Steel: Microstructure, Mechanical Properties and Applications* Hauppauge (USA). Nova Science Publishers, Inc., pp. 81–106. ISBN 978-1-53615-436-8.
6. Blumenauer, H., Hartmut, V., Irmgard, G. et al. (1979). Test materials. Translation from German edited by M.L. Bernstein. Moscow: Metallurgiya, 447 p. [in Russian].
7. Levchenko, G.V., Demina, E.G., Vorobei, S.A. et al. (2009). Assessment of the deformed state of the metal by changing the parameters of the dendritic structure. *Metallurgical and mining industry*, no. 5, pp. 71–75 [in Russian].
8. Vorobei, S.A. (2006). Forecasting wear of work rolls of a broadband hot rolling mill. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*. Dnipropetrovsk: Vision, iss. 12, pp. 213–220 [in Russian].
9. Litovchenko, N.V., Zaveryukha, V.N. (1966). On the assessment of wear of rolls of thin sheet steel rolling mills. *Izvestiya VUZov. Ferrous metallurgy*, no. 11, pp. 83–86 [in Russian].
10. Kragelsky, I.V., Dobychin, M.N., Kombalov, V.S. (1977). Fundamentals of calculations for friction and wear. Moscow: Mashinostroenie, 526 p. [in Russian].

Received 22.02.2022

Summary

I.Yu. Prykhodko, Dr. Sci. (Engin.), Senior Research Scientist, Head of the Department, e-mail: isi@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5651-8106>

S.V. Bobir, Dr. Sci. (Engin.), Senior Research Scientist, Leading Researcher, e-mail: svbobyr07@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6816-1554>

S.O. Vorobei, Dr. Sci. (Engin.), Senior Research Scientist, Senior Researcher, e-mail: vso54@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-0119-3935>

Iron and Steel Institute of Z.I. Nekrasov of the NAS of Ukraine (Dnipro, Ukraine)

Predicting the survivability of rolling rolls

A new method for predicting the survivability of rolling rolls is proposed. The method distinguishes the evaluation of the parameters of the rolls in the state of delivery and operation. The following parameters of rolls in a state of delivery that, as a rule are regulated in technical documentation are considered: grade and chemical composition of steel; the depth of the hardened layer during heat treatment; hardness of the barrel surface. In addition to these parameters, it is proposed to take into account the following most important in terms of further operation of the rolls: the amount of residual austenite in the hardened layer; density of dendritic structure; the magnitude of residual stresses; uneven hardness on the surface of the barrel of the roll. The greatest impact on the durability of the rolls can have residual stresses arising from heat treatment. Estimation of stresses is expedient to carry out with application of methods of computer modeling that allows tracing all kinetics of formation of structure and residual stresses in rolls at thermal processing. The method takes into account the following parameters of the operation of the rolls: the actual average reduced specific load on the roll, taking into account internal stresses and dynamic loads; the actual average mass operating temperature of the roll; characteristic size and type of defects, intensity of wear of the roll. It is shown that in the conditions of industrial enterprises it is most simple and convenient to estimate durability of a roll by total weight of hire made on this roll before its writing off. Empirical dependences, values of coefficients and basic parameters of working and support rolls of plate mills, hot and cold strip mills for calculation of durability of their operation (survivability) are given. The developed technique allows evaluating the influence of various factors of production and operation of rolls. In particular, calculations show that increasing the depth of the hardened layer of the working roll by 20 % and hardness by 10 % allows increasing the total weight of the rolled product before writing off the rolls by about 50 %.

Keywords

Rolling rolls, initial state and operation parameters, survivability forecasting.