

УДК 621.74: 669

А.К. АВТУХОВ, О.С. ПОЛЯНСКИЙ**МЕТОДИКА І МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ З ХРОМОНІКЕЛЕВОГО ЧАВУНУ**

Показано, що збільшення продуктивності прокатних станів при одночасному підвищенні вимог до характеристик прокату висуває все більш високі вимоги до якості валків, підвищення терміну їх служби. Обґрунтовано способи забезпечення споживчих властивостей валків, які повинні базуватися на аналізі вивчення інформації про сферу їх застосування, способів виготовлення і причин виникнення відмов. Вказано обладнання для аналізу фазового складу в хромонікелевих чавунах. Наведено алгоритм для детального аналізу експлуатаційної надійності валків, який враховує такі середні параметри як: число установок, напрацювання за установку, середньоквадратичне відхилення напрацювання за установку, витрати робочого шару за установку, знімання робочого шару, ресурс, початковий діаметр, ефективність використання робочого шару, а також коефіцієнт списання валків за зносом і дефектами.

Ключові слова: методика, методологія, хромонікелевий чавун, експлуатаційна стійкість, умови експлуатації, хімічний склад, фазовий склад.

Показано, что увеличение производительности прокатных станов при одновременном повышении требований к характеристикам проката выдвигает все более высокие требования к качеству валков, увеличению срока их службы. Обоснованы способы обеспечения потребительских свойств валков, которые должны базироваться на анализе изучения информации о сфере их применения, способов изготовления и причин возникновения отказов. Приведено оборудования для анализа фазового состава в хромоникелевых чугунах. Представлен алгоритм для детального анализа эксплуатационной надежности валков, который учитывает такие средние параметры как: число установок, наработки по установке, среднее отклонение наработки за установку, затраты рабочего слоя за установку, снятие рабочего слоя, ресурс, начальный диаметр, эффективность использования рабочего слоя, а также коэффициент списания валков по износу и дефектами.

Ключевые слова: методика, методология, хромоникелевый чугун, эксплуатационная стойкость, условия эксплуатации, химический состав, фазовый состав.

It is shown that increasing the productivity of rolling mills simultaneously with increasing the requirements for rolling characteristics sets up higher demands on the quality of rolls and a longer service life. It is substantiated the ways of ensuring the consumer properties of rolls, which should be based on the analysis of information on the scope of their use, methods of manufacturing and causes of failures. It is given the equipment for the analysis of phase composition in chromium-nickel cast irons. It is presented an algorithm for the detailed analysis of the operational reliability of rolls, which takes into account such average parameters as follows: the number of installations, the installation operating time, the average deviation of the installation operating time, the cost of the working layer for the installation, the removal of the working layer, the initial diameter, the efficiency of the working layer, and also the write-off ratio of rolls on wear and defects. It is proposed a methodical approach to the theoretical evaluation of crystallization of cast rolls of sheet rolling mills. It is introduced the research methodology, with the use of theoretically grounded new approaches to increase the durability of rolling rolls at all stages of the life cycle of their production and operation.

Keywords: methodology, methodology, chromium-nickel cast iron, operational stability, operating conditions, chemical composition, phase composition.

Вступ. В теперішній час на сорто- і листопрокатних станах знайшли широке застосування прокатні валки з хромонікелевого чавуну [1]. Чавунні леговані валки виконання СПХН і СПХНМ широко застосовують на всіх типах сортопрокатних станів. Двошарові хромонікелеві валки виконань ЛПНХд і ЛПХНМд знаходять застосування в клітках безперервних і напівнеперервних ширококутових, середньо- і товстолистових, а також дресировувальних станів [2].

Актуальність роботи. Умови роботи валків станів гарячої прокатки характеризуються циклічним впливом температури (близько 600°C) і питомих тисків (до 3 т/мм²). Дослідження експлуатаційної стійкості валків показали, що основними порушеннями їх працездатності є: знос, пошкодження бочки та руйнування робочого шару (відшарування і викрощки), руйнування шийок та тріфів, скол торців бочки, а також дефекти металу, що формуються при виробництві. Незадовільна якість хромонікелевих валків пов'язана з відхиленнями хімічного складу, підвищеним вмістом шкідливих домішок, засміченням розплавів компонентами, які не обумовлені нормативно-технічною документацією, неефективним модифікуванням, порушенням температурних режимів плавлення і заливки металу, неякісною підготовкою ливарної форми, недотриманням технологічних регламентів

охолодження валків в формі та параметрів їх термообробки, недостатньою глибиною робочого шару і формуванням в ньому дефектів, неоднорідністю структури металу, зональною ліквідацією компонентів.

До числа експлуатаційних чинників, що впливають на ресурс валків, належать: неефективне використання різних конструктивних типів і виконань валків; нераціональні системи їх охолодження; надмірні й нерівномірні навантаження; недотримання норм напрацювання в міжремонтні періоди тощо.

Тому при виробництві до робочого шару валків пред'являються особливі вимоги (висока твердість, зносостійкість, міцність, глибина робочого шару і мінімальний рівень залишкових напружень), які забезпечують їх високі експлуатаційні властивості та якість прокату [3].

Збільшення продуктивності прокатних станів при одночасному підвищенні вимог до характеристик прокату (точність геометричних розмірів, обробка продукції) висуває все більш високі вимоги до якості валків, збільшення терміну їх служби та економії енергоресурсів. Вирішення цих проблем для прокатних валків такого типу може бути досягнуто як застосуванням додаткового мікролегуння та модифікування розплавів, так і позапічною їх обробкою та вдосконаленням технології їх

виготовлення. Виробництво валків із заданим рівнем властивостей, стабільною структурою робочого шару, надійно працюючих в умовах температур і навантажень, що циклічно змінюються, можливо лише на основі вивчення факторів, які визначають їх якість та службові властивості при експлуатації та опрацювання теоретичних, технологічних основ підвищення довговічності прокатних валків з хромонікелевого чавуну. Тому розробки, спрямовані на вирішення цих проблем, можуть бути віднесені до важливих та актуальних.

Мета роботи: розробити методологію проведення досліджень за новими підходами щодо підвищення довговічності валків шляхом теоретичних обґрунтувань на всіх етапах життєвого циклу їх виробництва й експлуатації.

Викладення основного матеріалу. Пошук шляхів підвищення експлуатаційної стійкості прокатних валків з хромонікелевого чавуну повинен базуватися на узагальненні відомих публікацій, аналізі їх властивостей і пошуку значущих чинників, що впливають на показники якості, ролі оптимізації складу сплавів, параметрів технологічних процесів їх відливання і термообробки. При цьому важлива роль повинна бути відведена вивченню умов їх експлуатації (оптимізації напрацювання в міжремонтний період, системі охолодження і підбору в комплект).

Обґрунтування способів підвищення споживчих властивостей валків повинно базуватися на аналізі вивчення інформації стосовно сфери їх застосування, способів виготовлення і причин виникнення відмов. У лабораторних та промислових умовах необхідно з'ясувати вплив хімічного складу, способів виливки, застосовуваних модифікаторів для валкових сплавів, а також ефективність використання методів позапічної обробки валкових розплавів для підвищення якості виливків.

Шляхи підвищення працездатності валків, що застосовуються, для виготовлення валків сортових (СПХН-46, СПХНМ-48) і листових (ЛПХНд-63, ЛПХНд-71, ЛПХНд-72, ЛПХНд-74, ЛПХНМдц-71, ЛПХНМдц-73) станів, відлитої методом стаціонарної та відцентрової виливки, потрібно враховувати теоретичні та експериментальні напрямки досліджень, в тому числі і з розробки енергозберігаючих технологічних процесів, коригування їх параметрів.

Аналіз причин руйнування валків доцільно виконувати органолептичними, інструментальними й експериментальними методами [4]. Величину зносу валків визначати інструментальним методом з використанням універсальних (мікрометричних з точністю вимірювання не більше 0,01 мм) і спеціальних вимірювальних інструментів. Якість металу досліджуваних валків визначати на зразках, вирізаних від припуску бочки торцевої частини валків.

Вивчення мікроструктури (вихідної і після експлуатації) проводити з використанням оптичних

мікроскопів МІМ-8 і «Heuphot-2», В6-5134 фірми «Tesla» при збільшеннях $\times 100-1000$.

Для аналізу фазового складу в хромонікелевих ічавунах використовувати електронну мікроскопію і оптико-математичну методику, засновану на гідродинамічних аналогіях, що відбуваються при формуванні фаз. За допомогою комп'ютера обробляти отримані в форматі bmp зображення отриманих мікроструктур хромонікелевого чавуну [5].

Хімічний склад чавуну оцінювати рентгеноспектральним, фотометричним методами з використанням газоаналізаторів АН-29 і АС-7012. Оцінювати розподіл хімічних елементів в локальних зонах, в тому числі, і зі структурною неоднорідністю. Дослідження проводити спектральним методом на растровому мікроскопі-аналізаторі YFM 63-90.

Фізико-механічні властивості матеріалів валків різних виконань виконувати за стандартними методиками.

При проведенні досліджень, спрямованих на вивчення особливостей дії позапічної обробки на валкові розплави визначити вплив різних шлакоутворюючих сумішей, вакуумування і продувки азотом. Проаналізувати властивості металу після таких обробок при литві валків у виробничих умовах.

Враховуючи те, що при відновленні наплавленням хромонікелевих валків виконання ЛПХНМд-71 та ЛПХНМд-73, виникає необхідність нанесення підшару [6], вивчити можливість використовувати для цього сталі 35ХГСА і 45, нанесені електрошлаковим наплавленням.

При розробці сплавів для валків з нових матеріалів виготовляти і досліджувати виливки різного хімічного складу в лабораторних умовах. Вивчення впливу технологічних параметрів відцентрової виливки валків: температури металеві форми, товщини теплоізоляційного покриття форми, частки модифікаторів нового покоління Reseed® і Superseed®75 [7], що вводяться, температури і маси порцій металу, що заливається, час заливки й обертів машини, на структуру й експлуатаційні властивості валків проводити у виробничих умовах.

Дослідження впливу хімічного складу і технологічних параметрів лиття валків на структуру металу й їх оціночні параметри виконувати із застосуванням методів статистичної обробки експериментальних даних, планування експерименту.

При вивченні експлуатаційної надійності прокатних валків обов'язково необхідно передбачити визначення таких середніх параметрів як: число установок, напрацювання за установку, середньоквадратичне відхилення напрацювання за установку, витрати робочого шару за установку, знімання робочого шару, ресурс, початковий діаметр, ефективність використання робочого шару, а також коефіцієнт списання валків за зносом і дефектами, проаналізувати частку списання валків з причин руйнування бочки, шийки, тріф, відшарування, виникнення сітці розпалу, викрошок, тріщин,

прожогів [8]. Для детального аналізу експлуатаційної надійності валків доцільно розробити спеціальний алгоритм, який обов'язково повинен починатися з вибору наявної інформації про конкретні валки, в n кліті стану, комплекту за одну установку [9]. Ці відомості формувати у вигляді робочого масиву $A = \{a(n)\}_{n=1}^N$, де $a(n)$ – наробіток n -го валка (визначається у тонах). Масив A може складатися з 14 підмасивів A^k , кожний з яких відповідає своїй k -ій причині відмови.

На початку досліджень необхідно визначити частки $d(k)$, що характеризують структуру розподілу відмов прокатних валків за відповідних причин. Якщо n_k – кількість елементів масиву A^k , тоді

$$n_1 + n_2 + \dots + n_{14} = N \quad i \quad d(k) = n_k / N. \quad (1)$$

Для знаходження середнього наробітку за встановлення $t(k)$ при відмові через k доцільно використовувати залежність:

$$t(k) = \sum_{n(Ik)} a(n) / n_k, \quad (2)$$

де I_k – безліч індексів валків, які відмовили за k -ої причини.

Середньоквадратичне відхилення δ_k визначається як

$$\delta_k = \sum_{n(Ik)} [a(n) - t(k)]^2 / (n_k - 1) \Bigg)^{\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

Далі масив A можливо впорядковувати в порядку зростання чисел $a(n)$.

Обчислювальні показники:

$$R = \text{int}(1 + 3.32 \lg N) + 1, \quad (4)$$

$$R_k = \text{int}(1 + 3.32 \lg N_k) + 1, \quad (5)$$

де $\text{int}(\dots)$ – функція цілої частини, наприклад, $\text{int}(5,2) = 5$, N_k – кількість валків, що відмовили з k -ої причини (число елементів обчислювань I_k).

При виконанні досліджень необхідно підраховувати кількість валків $N(r)$ масиву A в межах, що мають наробіток від $b(r-1)$ до $b(r)$, і валків $N_k(r)$ – від $b_k(r-1)$ до $b_k(r)$, що відмовили за причиною k відповідно. У ряді випадків може виникнути інтерес до даних про кількість валків, що відмовили за причиною k , але, що напрацювали від $b(r-1)$ до $b(r)$ тонн. Ці дані потрібно одержувати й обробляти за наведеними нижче залежностями.

Значення функції інтенсивності відмов валків внаслідок причини $\lambda_k(r)$ підраховувати за формулою:

$$\lambda_k(r) = N_k(r+1) / ([N_k - \sum_{i=1}^r N_k(i)] b_k), \quad (6)$$

$$r = 1, 2, \dots, R_k, \quad k = 10, 11, 12.$$

Середня інтенсивність відмов λ_k має вигляд:

$$\lambda_k = \sum_{r=1}^{R_k} \lambda_k(r) / R_k. \quad (7)$$

Значення параметра потоку відмов за причиною k при наробітку $r = \omega_k(r)$ виражається наступною формулою:

$$\omega_k(r) = N_k(r) / N_k b, \quad k = 1, 2, \dots, 14; \quad k \neq 10, 11, \quad (8)$$

Середня величина параметра потоку відмов ω_k має вигляд:

$$\omega_k = \sum_{r=1}^{R_k} \omega_k(r) / R_k. \quad (9)$$

Для оцінки середнього наробітку прокатних валків між відмовами t_{cp} застосовувати залежність:

$$t_{cp} = \sum_{k=1}^{14} t(k) / 14. \quad (10)$$

Середньоквадратичне відхилення δ визначається як

$$\delta = \left\{ \sum_{k=1}^{14} [t(k) - t_{cp}]^2 / 13 \right\}^{\frac{1}{2}}. \quad (11)$$

Коефіцієнт експлуатаційної надійності $K_{e.n.}$ відображає відносну ефективність прокатних валків за одну установку і якість їх виготовлення. Зношування прокатних валків є природним процесом – наслідком їх експлуатації. Інші причини відмов прокатних валків стосовно зношування небажані в значно більшому ступені. Тому показник «наробіток на відмову по зношуванню» доцільно виділити в якості заходу, щодо якого вимірюється рівень ефективності експлуатації прокатних валків. $K_{e.n.}$ є безрозмірною величиною, що змінюється в межах від 0 до 1. За допомогою цієї характеристики можна представити зміни, що відбуваються в процесі експлуатації валків, при вдосконалюванні прокатного виробництва. Загальна схема введення показників надійності типу $K_{e.n.}$ може бути наступною. Нехай $t(n, k, i, \gamma)$ – наробіток до відмови через причину k прокатного валка n у кліті γ при i -й установці, $0[\{t(\dots)\}]$ – деяка операція узагальнення інформації $t(\dots)$ і $K_n = 1$ (відмова за зносом). Тоді коефіцієнт експлуатаційної надійності $K_{e.n.}$ матиме вигляд:

$$K_{e.n.} = 0[\{t(k, n, i, \gamma)\}] / 0[\{t(l, n, i, \gamma)\}]. \quad (12)$$

Той факт, що $K_{e.n.} \leq 1$, впливає з фізичної суті процесу прокатки. Прикладом операції узагальнення може бути звичайне усереднення за установками:

$$K_{e.n.} = \frac{1}{|I|} \sum_{i(Ik)} t(k, n, i, \gamma) / \frac{1}{|I|} \sum_{i(Ik)} (l, n, i, \gamma). \quad (13)$$

Значення коефіцієнта експлуатаційної надійності в цьому випадку можливо визначати за формулою

$$K_{e.n} = t_{cp} / t. \quad (14)$$

Аналіз коефіцієнтів експлуатаційної надійності, що характеризує відносну ефективність експлуатації прокатних валків за одну установку та якість їх виготовлення, надасть можливість розробити та впровадити заходи з покращення їх довговічності.

Для вивчення особливості формування температурного поля і відповідного структуроутворення при дозованій, порціонній заливці валків відцентровим методом, визначення рівня напружень, що виникають у них при кристалізації виливки, і розробки пропозиції щодо мінімізації витрат у виробництві та підвищення їх довговічності, доцільно розробити методичні підходи до теоретичної оцінки умов кристалізації у виливках валків листопркатних станів.

Методику розрахунків умов кристалізації доцільно розробляти на базі рівняння теплопровідності [10].

При виконанні розрахунків потрібно урахували питому теплоємність і об'ємну вагу чавуну, початкову температуру й час заливання металу, його теплопровідність, координати точок за радіусом й висотою виливків.

При розробці методики розрахунків теплоємності в зоні перекристалізації необхідно виходити з того, що температура в будь-якій точці виливка більше або дорівнює температурі перекристалізації й менше або дорівнює температурі початку фазової перекристалізації.

Відомо, що при кристалізації чавуну різниця між температурою початку й кінця фазової перекристалізації досягає 100°C. Розрахунки зміни теплоємності в такому інтервалі приводять до отримання занадто грубих результатів.

Зважаючи на те, що в процесі охолодження виливка можливо явище стрибкоподібної зміни температури (викликане локальною неоднорідністю матеріалу за хімічним складом (ліквациєю), що відрізняється часткою залишкового аустеніту часткового його розпаду) і, користуючись відомим фактором, що в інтервалі фазових переходів при кристалізації ентропія терпить розрив, у розробленій методиці доцільно надати рекомендації, що дозволять одержати більш точні розрахунки узагальненої теплоємності.

При виконанні розрахунків необхідно урахували граничні умови, які бувають трьох видів: 1-го роду, коли в деякій точці виливка відома функція температури від часу; 2-го роду, коли в деякій точці виливка відома функція від похідної температури за координатою й 3-го роду, коли в деякій точці виливка тепловий потік дорівнює коефіцієнту тепловіддачі помноженому на відому функцію від різниці температур у сусідніх точках.

Розрахунки умов кристалізації валків у металевій формі доцільно проводили в 2 етапи: перший – для валка, другий – для форми. Обидва вони пов'язані між собою тим, що тепловий потік від валка до форми той самий.

На границі форма–навколишнє середовище актуально використовувати граничні умови другого роду.

Такий підхід до оцінки стану виливка при кристалізації дозволить розробити науково обґрунтовані рекомендації до коректування технологічних параметрів лиття, забезпечити максимальний розпад залишкового аустеніту і запропонувати менш витратне і ефективне виробництво двошарових хромонікелевих валків.

Висновки. Розроблена методологія проведення досліджень надає можливість визначити послідовність виконання науково-дослідних робіт, направлених на підвищення експлуатаційної стійкості валків, що виготовляються з хромонікелевого чавуну.

Список літератури

1. Производство и применение прокатных валков : справочник / Т. С. Скобло, А. И. Сидашенко, Н. М. Александрова и др. ; под ред. Т. С. Скобло. – Х.:ЦД № 1, 2013. – 572 с.
2. *Вдовин К.Н., Гималетдинов Р.Х., Колокольцев В.М., Цыбров С.В.* Прокатные валки : монография. – Магнитогорск, МГТУ. – 2005. – 543 с.
3. *Скобло Т.С.* Прокатные валки из высокоуглеродистых сплавов/ Т.С. Скобло, Н.М. Воронцов, С.И. Рудюк ; под. ред. Скобло Т.С. – М.: Металлургия, 1994. – 336 с.
4. Ремонт машин та обладнання : підручник. / О.І.Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло, О.В. Тіхонов та ін. ; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – Х.: «Міськдрук», 2010. – 744 с.
5. *Скобло Т.С.* Применеие компьютерного анализа металлографических изображений при исследовании структуры высокопрочного чугуна/ Т.С. Скобло, О.Ю. Клочко, Е.Л. Белкин// Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – № 6. – 2012. – С. 36-42.
6. *Ксендзы Г.В.* Электрошлаковая наплавка валков горячей прокатки / Ксендзы Г.В., Фрумин И.И., Аксенов И.Н. [и др.] // Автоматическая сварка. – 1969. – № 11. – С. 60–63.
7. *Скобло Т.С.* Анализ существующих методов модифицирования высокопрочных чугунов / Т.С. Скобло, В.К. Триполко, С.А. Бурцев // Сб. Вісник ХНТУСГ. – Харьков, 2011. – № 110. – С. 193–205.
8. *В.П. Приходько* О стойкости прокатных валков. / Приходько В.П., Скобло Т.С., Чуприн С.В. // – Сталь, 1987, – № 7. – С. 58–62.
9. *Приходько В.П., Иващенко П.А.* Прокатные валки : нормы, парк, потребность, надежность / Укр.НИИмет. – Х. : Прапор, 1990. – 143 с.
10. *Скобло Т.С.* Методический подход оценки условий кристаллизации двухслойных чугуновых отливок для производства листопркатных валков. / Т.С. Скобло, А.К. Автухов, Е.Л. Белкин // Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ», вип. № 53 – Луцьк. 2016. – С. 165-169.

Bibliography (transliterated)

1. Proizvodstvo i primeneniye prokatnykh valkov : spravochnik / T. S. Skoblo, A. I. Sidashenko, N. M. Aleksandrova i dr. ; pod red. T. S. Skoblo. – Kharkiv: TSD No 1, 2013. – 572 p.
2. *Vdovin K.N., Gimaletdinov R.KH., Kolokol'tsev V.M., Tsybrov S.V.* Prokatnyye valki : monografiya. – Magnitogorsk, MG TU. – 2005. – 543 p.
3. *Skoblo T.S.* Prokatnyye valki iz vysokouglerodistykh splyavov / T.S. Skoblo, N.M. Vorontsov, S.I. Rudyuk ; pod. red. Skoblo T.S. – Moscow: Metallurgiya, 1994. – 336 p.
4. *Remont mashyn ta obladnannya. : pidruchnyk. /O.I. Sidashenko, O.A. Naumenko, T.S.Skoblo, O.V. Tikhonov ta in. ; za red. prof. O.I. Sidashenka, O.A. Naumenka. – Kharkiv: «Mis'kdruk», 2010. – 744 p.*
5. *Skoblo T.S.* Primeneiye komp'yuternogo analiza metallograficheskikh izobrazheniy pri issledovanii struktury vysokoprechnogo chuguna / T.S. Skoblo, O.Yu. Klochko,

- Ye.L. Belkin // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov – № 6. – 2012. – P. 36–42.
6. Ksendzy G.V. Elektroshlakovaya naplavka valkov goryachey prokatki / Ksendzy G.V., Frumin I.L., Aksenov I.N. [i dr.] // Avtomaticheskaya svarka. – 1969. – № 11.– P. 60–63.
7. Skoblo T.S. Analiz sushchestvuyushchikh metodov modifitsirovaniya vysokoprochnykh chugunov / T.S. Skoblo, V.K. Tripolko, S.A. Burtsev // Sb. Visnik KHNTUSG. – Kharkiv, 2011. – № 110. – P. 193–205.
8. V.P. Prikhod'ko. O stoykosti prokatnykh valkov. / Prikhod'ko V.P., Skoblo T.S., Chuprin S.V. // – Stal', 1987. – No 7. – P. 58–62.
9. Prikhod'ko V.P., Ivashchenko P.A. Prokatnyye valki : normy, park, potrebnost', nadezhnost' / Ukr.NII metallov. – Kharkiv : Prapor, 1990. – 143 p.
10. Skoblo T.S. Metodicheskiy podkhod otsenki usloviy kristallizatsii dvukhsloynnykh chugunnykh otivok dlya proizvodstva listoprokatnykh valkov. / T.S. Skoblo, A.K. Avtukhov, Ye.L. Belkin // Mizhvuziv's'kiy zbirnik «NAUKOVÍ NOTATKI», vip. No 53 – Luts'k, 2016. – 165 p.

Надійшла (received) 23.10.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Методика і методологія проведення досліджень підвищення довговічності прокатних валків з хромонікелевого чавуну / А. К. Автухов, О. С. Полянський // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 43 (1265). – С. 5–9. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2519-2671

Методика и методология проведения исследований, направленных на повышение долговечности прокатных валков их хромоникелевого чугуна / А. К. Автухов, А. С. Полянський // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 43 (1265). – С. 5–9. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2519-2671

The methodology and methodology of research aimed at increasing the durability of rolling rolls of their chromium-nickel cast iron / A. Avtukhov, A. Polyansky // Bulletin of the NTU "KhPI". Series: Innovative technologies and equipment handling materials in mechanical engineering and metallurgy. – Kh.: NTU "KhPI", 2017. – No. 43 (1265). – P. 5–9. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2519-2671

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Автухов Анатолій Кузьмич – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, директор Учбово-наукового інститута післядипломної освіти, адреса: ул. Алчевських 44, м. Харків, Україна, 61002; тел. 732-73-28; e-mail: fpkntush@i.ua

Автухов Анатолій Кузьмич – кандидат технических наук, доцент, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, директор Учебно-научного института последипломного образования, адрес: ул. Алчевских 44, г. Харьков, Украина, 61002; тел. 732-73-28; e-mail: fpkntush@i.ua

Avtukhov Anatoliy – Ph.D., associate professor, Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko, Director of the Educational and Scientific Institute of Postgraduate Education, address: Alchevskih st., 44, Kharkov, Ukraine, 61002; tel. 732-73-28; e-mail: fpkntush@i.ua

Полянський Олександр Сергійович – доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет; адрес: 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25, тел.: 700-38-66, e-mail: fpkntush@i.ua

Полянський Олександр Сергеевич – доктор технических наук, профессор, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет; адрес: 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25, тел.: 700-38-66, e-mail: fpkntush@i.ua

Polyansky Alexander – Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University; address: 61002, Ukraine, Kharkov, st. Yaroslava Mudrogo, 25, tel.: 700-38-66, e-mail: fpkntush@i.ua