УДК 621.78 DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2022.97.0.44

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНИЖЕНИХ У ПРОЦЕСІ ШЛІФУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ

Волков О. О.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Анотація. *У роботі проаналізовано процес розроблення технологічного комплексу відновлення властивостей прокатних валків, які були знижені під час шліфування. Предметом дослідження є зразки прокатних валків, які виготовлені зі сталі 40Х.*
Ключові слова: *прокатні валки, сталь 40Х, шліфування, термічне оброблення, структура, відновлення властивостей, твердість поверхні.*

Вступ

Проблема підвищення ресурсу обладнання для прокатного виробництва є актуальною, оскільки отримання в елементах такого обладнання властивостей, необхідних для ефективної роботи, є запорукою його тривалого використання.

Прокатні валки як інструмент, який є елементом обладнання для прокатування об'єктів з металів та сплавів, працюють у важких експлуатаційних умовах, зокрема за значного навантаження, тертя та підвищених температур. Під час цього процесу відбувається швидке зношування їхніх робочих поверхонь, що призводить до появи браку асортименту. Внаслідок переважно великої вартості прокатних валків їх за можливості доцільніше відновлювати, ніж замінювати на нові, оскільки це вигідніше в економічному сенсі. Такий підхід може бути реалізований через використання різноманітних методів впливу на структурний стан поверхні виробів. Застосування, наприклад, технології ТФЗ [1, 2] або інших методів зміцнення поверхні цілком можливе для вирішення подібних завдань. Однак доцільність застосування методів оброблення визначається можливістю досягнення необхідних властивостей одночасно з мінімізацією витрат та дотриманням вимог щодо кожного конкретного об'єкта зміцнення. Так, для невеликих прокатних валків важливо максимально зберегти номінальні розміри, отже, необхідно розробити такий технологічний процес відновлювального оброблення, який забезпечив би вирішення поставлених завдань.

Аналіз публікацій

Питання вдосконалення прокатного обладнання досліджується тривалий час багатьма дослідниками. Значна увага приділяється прокатним валам, які є важливою складовою такого обладнання. Підвищення їхньої роботоздатності є одним із пріоритетних питань, тому в літературі з'являються різні наукові ідеї щодо реалізації зазначеної проблеми. Наприклад, розглядаються технологічні аспекти застосування наплавлення прокатних валків, де основним є вибір присадного матеріалу та складу утвореного наплавленого шару, режимів відновлення й термооброблення. Зазначено, що на металургійних підприємствах у процесі роботи прокатні валки, навіть однотипних прокатних станів, зношуються неоднаково [3]. В умовах постійного тертя, нагрівання та нерівномірного навантаження на поверхнях валків можуть з'являтися дефекти, що може призводити навіть до бракування готових деталей. Можна дійти висновку, що під час зношення до 1мм не потрібно наплавляти поверхні валків, а існує можливість відновити їх поверхні через перешліфування. А наплавлення деталі доцільно здійснювати за умови більшого зношення. Визначено також, оптимальні умови наплавлення для прокатних валків. Запропонований підхід демонструє, що в процесі наплавлення валків зі сталі 40Х доцільно додавати у флюс 25 % графітового порошку та наносити його шаром, товщиною близько 1мм, що забезпечить потрібну твердість наплавленого шару та дозволить не здійснювати термічне оброблення [3].

Групою дослідників проаналізовано питання залежності «ціна-якість» щодо виготовлення та використання прокатних валків у різних країнах світу [4], оскільки висока вартість енергоресурсів вимагає враховувати економічні аспекти під час виготовлення та використання прокатного обладнання. Зазначено, що під впливом великої кількості циклів нагрівання та охолодження робоча частина валків піддається знакозмінній напрузі, внаслідок чого утворюється дрібна сітка роз-

палу, що посилює зношування. Отже, прокатні валки повинні мати високу стійкість до зношення та до дії ударних навантажень і температур, згинальних і крутних моментів [5]. В Україні також розроблений технологічний процес виробництва валків листових станів гарячої прокатки з робочим шаром зі спеціального чавуну [6, 7].

Здійснений аналіз інформаційних джерел [8] демонструє, що за кордоном під час виробництва елементів обладнання для гарячої прокатки з метою підвищення експлуатаційних властивостей їхнього робочого шару застосовують високохромисті сплави, що містять у своєму складі 12−20 % Cr, 0,4−0,6 % Si, 0,8−1,2 % Mn, 0,8−3,0 % Ni, а також до їхнього складу додають у невеликій кількості інші метали (V, Ti, Nb, B). Таким чином, надійна робота прокатних валків визначається фазовим складом сплаву.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є розроблення технологічного комплексу відновлення властивостей прокатних валків, які були знижені в процесі шліфування. Предметом дослідження є зразки прокатних валків, які виготовлені зі сталі 40Х.

Для досягнення мети необхідно:

1 визначити твердість прокатних валків, які потребували відновлення після шліфування за методом Роквелла;

2 виготовити натурні зразки прокатних валків;

3 здійснити термічне оброблення натурних зразків за різними режимами;

4 здійснити металографічний аналіз та вимірювання твердості натурних зразків після їхнього термічного оброблення за різними режимами;

5 вибрати оптимальний режим, тобто такий, що забезпечив би отримання необхідних властивостей та провести термічне оброблення прокатних валків, які потребували відновлення, за цим режимом;

6 здійснити контрольне вимірювання твердості на валках;

7 здійснити аналіз отриманих експериментальних результатів.

Основний матеріал дослідження

Ключовим питанням для забезпечення очікуваного результату було дослідження впливу режимів термічного оброблення прокатних валків на відновлення їхньої твердості. Необхідно зазначити, що матеріалом для цього дослідження є сталь 40Х, оскільки прокатні валки, які потребували відновлення, виготовлені саме з такої марки сталі. Були виготовлені два натурні зразки, довжиною та діаметром 30 мм, що необхідно для порівняння їхньої твердості поверхні та прогартованості під час вибору оптимального режиму термічного оброблення та застосування його для реальних прокатних валків, згідно з вимогами до відновлення їхніх властивостей. Розглянуті вище зразки були попередньо термічно оброблені через гартування в маслі за температури 860 ºС та низькотемпературне відпускання за температури 180 ºС. Це було необхідно для імітування в зразках вихідних властивостей прокатних валків, які потребували відновлювального оброблення. Таким чином, після термічного оброблення ці прокатні валки мали твердість 55 HRC, а після шліфування внаслідок перегрівання орієнтовно до 350−400 ºС, твердість їхніх робочих поверхонь знизилася до рівня 43 HRC, що недостатньо для їхньої роботи з отриманням необхідної якості поверхні прокату. Згідно з проведеними аналітичними дослідженнями глибини знеміцнення валків та зниження твердості відбулося на глибину, близько 1 мм.

Для виправлення цієї ситуації та відновлення необхідної твердості валків були застосовані два режими термічного оброблення:

– загартування з нагрівом до 860 ºС та охолодженням у воді;

– загартування з нагрівом до 860 ºС та охолодженням в десятивідсотковому водному розчині солі NaCl;

Мікрошліфи цих зразків були виготовлені та протравлені за стандартними методиками. Для визначення впливу швидкості охолодження на структуроутворення та твердість сталі, яка досліджується після загартування, здійснювалось охолодження зразків у різних середовищах, де швидкості охолодження дорівнювали:

− $V_{охл} \approx 600$ °С / с (у воді);

− $V_{охл} \approx 680$ °С / с (у десятивідсотковому водному розчині солі NaCI).

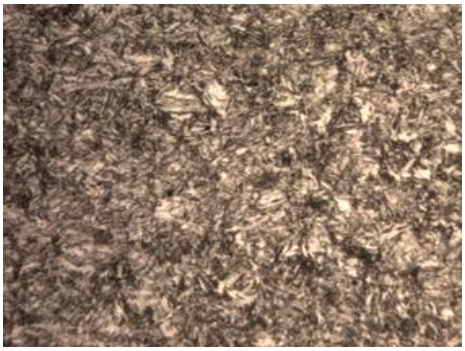
Відповідно до результатів вимірювання твердості охолодження в 10-відсотковому водному розчині солі NaCI сприяє отриманню максимальної твердості в сталі до 58 HRC.

Сталь 40Х під час охолодження у воді має більш низькі значення твердості до 53 HRC Це можна пояснити тим, що поверхневий шар вала може бути зневуглецьований.

Також були виявлені ділянки зі зниженою твердістю до 43 HRC. Можна зазначити, що це зневуглецьовані ділянки, які утворилися внаслідок вигорання вуглецю під час повторного нагрівання.

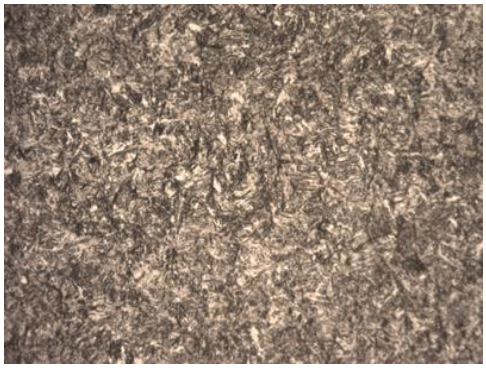
Щодо схильності сталі 40Х до відпускної крихкості, то прискорене охолодження в процесі відпускання підвищує її ударну в'язкість.

Металографічні дослідження здійснювалися на зразках після вимірювання твердості. Результати мікроструктурних досліджень наведені на рис. 1, 2.



× 500 (× 0,5)

Рис. 1. Мікроструктура сталі 40Х після гартування у воді



× 500 (× 0,5)

Рис. 2. Мікроструктура сталі 40Х після гартування в 10-відсотковому водному розчині солі NaCI

Аналіз мікроструктури зразків після термічного оброблення демонструє наявність переважно мартенситної структури. Однак рівень твердості, який отриманий у цих зразках відрізняється. Морфологічно ці мікроструктури відрізняються не суттєво, тому відмінність в твердості після охолодження в різних середовищах можна пояснити різною повнотою мартенситного перетворення, що залежить від охолоджувальної здатності різних середовищ у процесі їх застосування.

Таким чином, охолодження у воді (рис. 1) та охолодження в 10-відсотковому водному розчині солі NaCI (рис. 2) дозволили отримати подібні структурні стани, однак охолоджувальні властивості солевого розчину вищі. Це забезпечило більшу повноту протікання мартенситного перетворення та утворення дрібноголчастої мартенситної структури з невеликою кількістю карбідів Cr (рис. 2), а отже, більш високий рівень твердості.

Для зняття залишкових напружень необхідно після гартування здійснити низькотемпературне відпускання (180 ºС) з прискореним охолодженням.

Висновки

1. Сталь 40Х здатна бути загартована на мартенсит в маслі, воді та в 10-відсотковому водному розчині солі NaCI, однак з різною ефективністю.

2. Поява зневуглецьованого шару може призводити до зниження твердості, що може бути наслідком недостатнього захисту від окислювальної атмосфери печі.

3.Структура прокатних валків зі сталі 40Х після загартування складається з дрібноголчастого мартенситу та невеликої кількості карбідів Cr .

4. Найбільш ефективним режимом зміцнення прокатних валків зі сталі 40Х є гартування з охолодженням у 10-відсотковому водному розчині солі NaCI.

5. Технологічний комплекс відновлення знижених в процесі шліфування властивостей прокатних валків полягає в гартуванні від температури 860 ºС з охолодженням у 10-відсотковому водному розчині солі NaCI з наступним низькотемпературним відпусканням за температури 180 ºС протягом 2 годин та з прискореним охолодженням.

Крім того, для збереження відновлених властивостей у подібних прокатних валках необхідно здійснити шліфування їхніх поверхонь в умовах нерозігрівання до температур, які є вище ніж 200 ºС.

Література

1. Volkov O. A. Study of heat deformation influence in surface strain hardening of steel by thermofriction processing. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2016. Vol. 2. № 5 (80). P. 38–44.

2. Волков О. О. Підвищення експлуатаційної стійкості деталей та інструменту методом термофрикційного зміцнення: автореф. дис. на

здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.02.01. Харків, 2020. 25 с.
3. Наплавлення: навч. посібник / Власов А. Ф., Кузнецов В. Д., Макаренко Н. О., Богуцький О. А. Краматорськ: ДДМА, 2010. 336 с.
4. Биткін С. В., Бобраков О. В., Литвін В. М. Моделювання залежності «ціна-якість» для високохромистих прокатних валків, виготовлених в різних країнах світу. Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право. 2012. № 5.
5. Жижкина Н. А., Костин В. В. Исследования качества рабочего слоя рабочих валков. Вісник КДПУ імені М. Остроградського. Випуск 4/2009 (57). Частина 2. С. 72–75.
6. Производство и эксплуатация центробежнолитых прокатных валков / И. А. Балаклеец др. Сталь. 2008. № 1. С. 45–47.
7. Опыт освоения производства центробежнолитых валков на ЛГНПВК / / И. А. Балаклеец др. Литейное производство. 2007. № 6. С. 26–27.
8. Жижкіна Н. О. Технологія виробництва, якість і властивості відцентрованих валів з високохромистим чавуном у робочому шарі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.16.04. Київ, 2002.

References

1. Volkov O. A. Study of heat deformation influence in surface strain hardening of steel by thermofriction processing. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2016. Vol. 2. № 5 (80). P. 38–44.
2. Volkov O. O. Pidvyshchennya ekspluatatsiynoyi stiykosti detaley ta instrumentu metodom termofryktsiynoho zmitsnennya: avtoref. dys. … kand. tekhn. nauk: 05.02.01. Kharkiv, 2020. 25 s.
3. Naplavlennya: navch. Posibnyk / Vlasov A. F., Kuznetsov V. D., Makarenko N. O., Bohuts'kyy O. A. Kramators'k, DDMA, 2010. 336 s.
4. Bytkin S. V., Bobrakov O. V., Lytvin V. M. Modelyuvannya zalezhnosti «tsinayakist'» dlya vysokokhromystykh prokatnykh valkiv, vyhotovlenykh v riznykh krayinakh svitu. Zovnishnya torhivlya: ekonomika, finansy, pravo. 2012. № 5.
5. Zhyzhkyna N. A., Kostyn V. V. Issledovaniya kachestva rabochego sloya rabochikh valkov. Visnyk KDPU imeni M. Ostrohrads'koho. Vypusk 4/2009 (57). Chastyna 2. S. 72–75.
6. Proizvodstvo i ekspluatatsiya tsentrobezhnolitykh prokatnykh valkov / Y. A. Balakleets ta in. Stal'. 2008. № 1. S. 45–47.
7. Opyt osvoeniya proizvodstva tsentrobezhnolitykh valkov na LHNPVK / Y. A. Balakleets ta in. Liteynoe proizvodstvo. 2007. № 6. S. 26–27.
8. Zhyzhkina N. O. Tekhnolohiya vyrobnytstva, yakist' i vlastyvosti vidtsentrovanykh valiv z vysokokhromystym chavunom u robochomu shari: avtoref. dys. … kand. tekhn. nauk: 05.16.04. Kyiv, 2002.

Волков Олег Олексійович, к.т.н., доцент, доцент кафедри матеріалознавства, тел.: (057) 707- 64-35, volkovoleg1978@gmail.com, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002, Україна.

Developing a technological complex for restoring the properties of rolled rolls reduced in the process of grinding

Abstract. Problem. *The problem of increasing the resource of equipment for rolling production is on time. Rolling mills are a piece of equipment for rolling objects made of metals and alloys. They work in difficult operating conditions: at considerable loading, friction and the raised temperatures. As a result, there is a rapid wear of their work surfaces, which leads to defects. Due to the predominantly high cost of rolled rolls, it is better to restore them than to replace with new ones. This is more profitable economically and can be realized by using different methods of influencing the structural condition of the products' surface. The use of, for example, TFH technology [1, 2] or other methods of surface strengthening is possible to solve such problems.* ***Goal.*** *The purpose of the work is to develop a technological complex to restore the properties of rolled rolls, which were reduced in the process of grinding. The subject of the research are the samples in the form of rolled rolls, which are made of 40X steel. To achieve this goal, heat treatment of natural samples was carried out in different modes. Metallographic analysis and measurement of hardness of natural samples after their heat treatment in different modes was made. The optimal mode was selected, which provided the necessary properties. Heat treatment of rolled rolls in need of restoration was carried out according to this mode.* ***Methodology.*** *Two heat treatment modes were used to restore the required hardness of the rolling rolls hardening with heating to 860ºC and cooling in water; hardening with heating to 860ºC and cooling in 10% aqueous NaCl salt solution.* ***Results.*** *The cooling properties of the saline solution are higher than those of water. This ensured greater completeness of the martensitic transformation and the formation of a fine-needle martensitic structure with a small amount of Cr carbides. Therefore, a technological complex for restoring the properties of rolled rolls, which were reduced during grinding, was proposed. It consists of quenching from a temperature of 860 °C with cooling in 10 % aqueous solution of NaCl salt. After hardening it is necessary to carry out low-temperature release at a temperature of 180 ºC for 2 hours with accelerated cooling.*

Key words: *rolling rolls, 40X steel, grinding, heat treatment, structure, restoration of properties, surface hardness.*

Volkov Oleh, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Materials Science Department, tel.: (057) 707-64-35,
e-mail: volkovoleg1978@gmail.com,
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kyrpychova str., 2, Kharkiv, 61002, Ukraine.