

Оцінка експлуатаційних властивостей роликів зони вторинного охолодження МБЛЗ

Хитько О. Ю.¹, кандидат технічних наук, доцент, hitkoau@gmail.com,

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8092-0117>

Іванова Л. Х.¹, доктор технічних наук, професор, ivanovalitvo@gmail.com, ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-5997-610X>

Береза О. Ю.², доктор фізико-математичних наук, професор,

o.y.bereza@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9848-9737>

¹Український державний університет науки і технологій, Дніпро, Україна

²Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

Дослідження присвячено визначенню експлуатаційних характеристик сталевих біметалевих роликів машини безперервного лиття заготовки в порівнянні з кованими роликами. Показано, що дослідні ролики діаметром 270 мм повністю відпрацювали міжремонтний термін (70 діб) разом із серійними кованими роликами в одній касеті. Стійкість роликів становила 985 плавок. Показано підвищення стійкості біметалевих роликів у 7...10 разів у порівнянні з кованими роликами, а сітка розпалу починала утворюватися лише після 1000 плавок. Результати вимірювання зносу діаметрів бочок дослідних і серійних роликів показали, що максимальний знос бочки дослідного ролика виконання 20X25H19C2Л-20Л склав 0,2 мм, ролика виконання 17X12МФЛ-20Л – 0,4 мм, серійних кованих роликів – 2,5...4,0 мм. Проведені дослідження розгаростійкості дослідних роликів обох виконань на кільцевих та поздовжніх темплетях, вирізаних після їх експлуатації. У роликах виконання 20X25H19C2Л-20Л вже після 600 плавок на їх поверхні по всій довжині бочки, яка контактувала зі злитком, починалося утворення сітки розпалу. До 1250 плавок глибина тріщин у робочому шарі цих роликів становила 7...9 мм, в окремих випадках 12...17 мм. Внутрішній шар деформувався або мав радіальні тріщини у районі опорних цапф. Аналіз рівня механічних властивостей сталі 20X25H19C2Л після 1250 плавок показав незначне (на 9 %) зниження міцності в порівнянні з вихідними властивостями сталі. У роликах виконання 17X12МФЛ-20Л сітка розпалу починала утворюватися тільки після 1000 плавок та до 1250 плавок розвивалася на центральній ділянці бочки довжиною 250...300 мм. Глибина тріщин не перевищувала 1 мм. Рівень міцності сталі 17X12МФЛ після 1250 плавок не змінювався. Макроструктура робочого та внутрішнього шарів ролика виконання 17X12МФЛ-20Л не зазнавала змін після 1250 плавок. При візуальному огляді поверхневих дефектів налипання на бочках дослідних роликів не було. У порівнюваних серійних кованих роликах була розвинена сітка розпалу та смугасте налипання.

Ключові слова: ролик, сталь, макроструктура, експлуатація, міцність.

Незважаючи на порівняно малу частку сталі, що розливається на МНЛЗ, Україна має чималий досвід отримання заготовок різного перерізу.

У технологічному плані також є низка досягнень, які відповідають світовим показникам. Наприклад, широкий діапазон перерізів блюмової заготовки (від 200 мм х 200 мм до 500 мм х 500 мм) з великої кількості легованих і високолегованих якісних марок сталей. Крім того, Україна має необхідний технологічний і технічний досвід, який може забезпечити швидке впровадження методу безперервного розливання на провідних підприємствах металургійної галузі.

Аналіз застосування роликів різних виконань на машинах МБЛЗ показав, що одним із найважливіших питань для широкого впровадження безперервного розливання сталі є забезпечення машин безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) робочим інструментом – роликами. У вітчизняній практиці є досвід використання для МБЛЗ поряд із кованими роликами відцентроволитих біметалевих роликів із легованих сталей [1-7]. Однак даних про застосування литих сталевих роликів та підвищення їх експлуатаційних властивостей, дуже мало.

Умови роботи роликів, наприклад, в зоні вторинного охолодження МБЛЗ, характеризуються високими знакозмінними силовими і термічними навантаженнями з боку безперервнолитої заготовки, що твердіє, особливо, в зоні вторинного охолодження заготовок де ролики повинні мати такі основні властивості як високі міцність та зносостійкість.

Недостатні темпи зростання обсягу сталі, що розливається на МБЛЗ, обумовлені також відсутністю відпрацьованої технології виготовлення роликів зони вторинного охолодження. Виконання цього завдання вимагає проведення досліджень із розробки матеріалів роликів зони вторинного охолодження МБЛЗ, досліджень їх експлуатаційних властивостей та технології виробництва.

Аналіз умов роботи та видів дефектів роликів різних секцій зони вторинного охолодження криволінійної МБЛЗ показав, що з віддаленням від кристалізатора зменшувалися температурні та зростали механічні навантаження на ролики. Допустиме зношування за діаметром роликів МБЛЗ заводу «Азовсталь» становило 4 мм, на закордонних заводах - величину того ж порядку («Юзінор» Дюнкерн – 5 мм).

Оптимальне поєднання службових властивостей можна досягти під час виготовлення роликів з кількох сплавів, зокрема, складовими. Для робочого шару роликів доцільно застосовувати матеріали з високим опором термічного, абразивного та корозійного руйнування, а для внутрішнього - несучого шару (елемента конструкції) - матеріали, що забезпечують високу конструкційну міцність ролика.

Отримання ролика з урахуванням вимог до конструкції і матеріалів можливе з використанням для бочки (або бандажу) двошарових або біметалевих відцентроволитих порожнистих заготовок.

Теперішнього часу як матеріал для кованих роликів МБЛЗ в основному застосовуються хромо-молібденові і хромо-молібден-ванадієві низьколеговані сталі. Однак, ці сталі мають погані експлуатаційні характеристики, що стосуються утворення тріщин, зносо- та гідроерозійної стійкості.

У роботі [8] було виконано аналіз причин виходу з ладу роликів, впливу конструктивних особливостей на працездатність, способів ремонту та зміцнення. Акумуляований досвід використання роликів зони вторинного охолодження МБЛЗ наведено також і в роботі [9]. Однак практично не ведуться роботи зі створення сплавів для роликів, що відповідають умовам їх експлуатації.

В наведеній роботі дослідили литі біметалеві ролики двох виконань 20Х25Н19С2Л–20Л та 17Х12МФЛ–20Л. В процесі експлуатації оцінювали якість поверхонь роликів по свинцевих відбитках і візуально, а величину зношування діаметра бочки ролика вздовж вимірювали через кожні 100 мм мікрометром з точністю $\pm 0,01$ мм. Розгартостійкість біметалевих роликів досліджували на кільцевих та поздовжніх темплетях, вирізаних роликів після експлуатації, після теплового травлення в розчині, що складався з 78 % HCl, 2 % HNO₃ та 20 % H₂O (за об'ємом), за температури 50 °C протягом 300...1200 с.

У кованих роликах тонкі термовтомні тріщини замикалися і утворювали сітку розпалу вже після 250 плавок. До кінця регламентного терміну (1500...1600 плавок) глибина тріщин збільшувалася, й у окремих роликах утворювалися кільцеві тріщини. Найбільш ураженою сіткою розпалу була центральна частина бочок роликів. Рання поява сітки розпалу пришвидчувала процес зносу бочок роликів, що носив корозійно-абразивний характер. Пояснюється це збільшенням площі поверхні кованого ролика (за появи сітки розпалу), що контактує з окислювальним середовищем гарячої пари і води. Знос бочок кованих роликів після 1650 плавок напрацювання становив 2,25 мм.

Аналіз стійкості, причин виходу з ладу дослідних та серійних кованих роликів показав наступне. Дослідні ролики діаметром 270 мм повністю відпрацювали міжремонтний термін (70 діб) разом із серійними кованими роликами в одній касеті. Стійкість роликів становила 985 плавок.

Результати вимірювання зносу бочок дослідних і кованих роликів показали, що максимальний знос діаметрів бочок дослідного ролика виконання 20Х25Н19С2Л–20Л склав 0,2 мм, ролика виконання 17Х12МФЛ–20Л – 0,4 мм, що у 10...20 разів менше, ніж кованих роликів, зміна діаметра яких становила 2,5...4,0 мм (рис. 1). За візуального огляду поверхневі дефекти налипання на бочках дослідних роликів не було виявлено. У порівнюваних кованих роликах виявлені такі дефекти, як розвинена сітка розпалу та смугасте налипання.

Були проведені дослідження розгартостійкості дослідних роликів двох виконань 20Х25Н19С2Л–20Л та 17Х12МФЛ–20Л. Дослідження проводили на кільцевих та поздовжніх темплетях, вирізаних із цих роликів після експлуатації.

Дослідження бочок роликів діаметром 300 мм з робочим шаром із сталі 20Х25Н19С2Л (0,14 % С; 2 % Si; 0,73 % Mn; 0,007 % S; 0,033 % P; 24,2 % Cr; 18,7 % Ni;) показало наступне. Після 600 плавок на поверхні роликів по всій довжині бочки, яка контактувала зі злитком, починалося утворення сітки розпалу. У центральній частині бочки комірки сітки тріщин

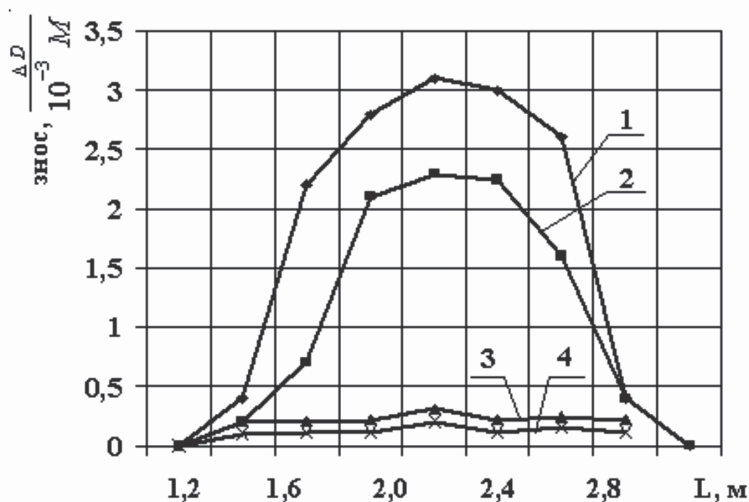


Рис. 1. Знос кованих і біметалевих роликів після 1650 плавок: 1, 2 – ковані ролики діаметром 0,30 та 0,27 м; 3, 4 – біметалеві ролики діаметром 0,30 та 0,27 м.

Fig. 1. Wear of forged and bimetallic rollers after 1650 meltings: 1, 2 – forged rollers with a diameter of 0.30 and 0.27 m; 3, 4 – bimetallic rollers with a diameter of 0.30 and 0.27 m.

мали замкнутий характер і розміри діаметром 6...8 мм, крім того починали утворюватися кільцеві тріщини. На периферійних ділянках по краях бочки утворювалися поперечні розрізнені тріщини, які ще не сформували сітку розпаду, тобто окремих комірок (рис. 2). Глибина тріщин сітки розпаду зростала з наближенням до центральної частини бочки ролика і сягала 6...7 мм.

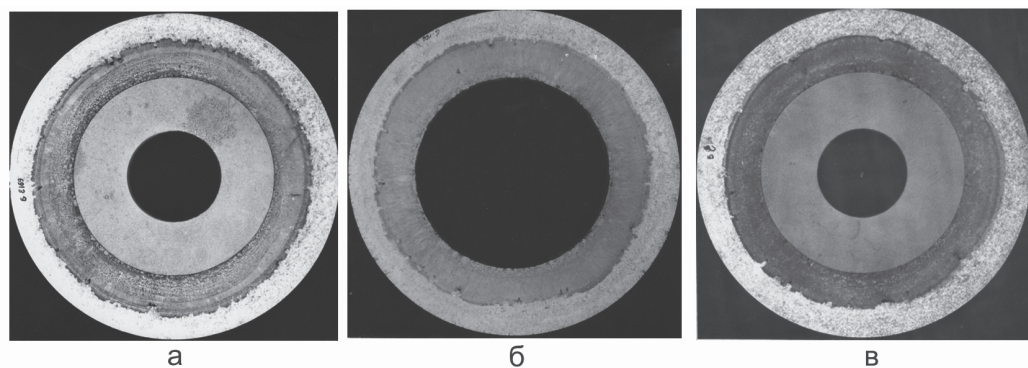


Рис. 2. Макроструктура матеріалів темплетів, вирізаних з лівої (а), центральної (б) та правої (в) частин бочки ролика виконання 20Х25Н19С2Л-20Л

Fig. 2. Macrostructure of template materials cut from the left (a), central (b) and right (c) parts of the roller barrel of the 20X25H19C2L-20L

Макроструктура робочого шару із сталі 20Х25Н19С2Л мала вигляд кристалів глобулярної форми по всій довжині бочки ролика. Структура внутрішнього шару ділянки бочки, яка не контактувала з опорними цапфами, мала чітко виражену дендритну будову (рис. 2 б). Макроструктура внутрішнього шару, який контактував з цапфами і відчував їх реакцію в

процесі експлуатації, зазнавала змін і мала шарувату структуру у вигляді ланцюжків макрозерен овальної форми (рис. 2 а, в). У внутрішньому шарі бочки, суміжному з посадковою порожниною для цапф, утворювалися тріщини глибиною 7...9 мм.

Аналіз рівня механічних властивостей сталі 20Х25Н19С2Л після 1250 плавок у порівнянні з її вихідними властивостями показав незначне (на 9 %) зниження міцності: $\sigma_B=450$ МПа, $\sigma_{0,2}=290$ МПа, ударна в'язкість 33×10^{-2} МДж/м².

Дослідження бочок роликів діаметром 300 мм з робочим шаром із сталі 17Х12МФЛ (0,17 % С; 0,66 % Si; 0,68 % Mn; 11,0 % Cr; 0,25 % Ni; 1,44 % Mo; 0,30 % V) показало наступне. На поверхні ролика виконання 17Х12МФЛ-20Л сітка тріщин починала утворюватися після 1000 плавок, максимальна величина зношування не перевищувала 0,3 мм. Після 1250 плавок сітка тріщин з розміром комірок діаметром 3...4 мм утворилася в центральній частині бочки на ділянці довжиною 250...300 мм. Глибина тріщин у робочому шарі не перевищувала 1 мм (рис. 3).

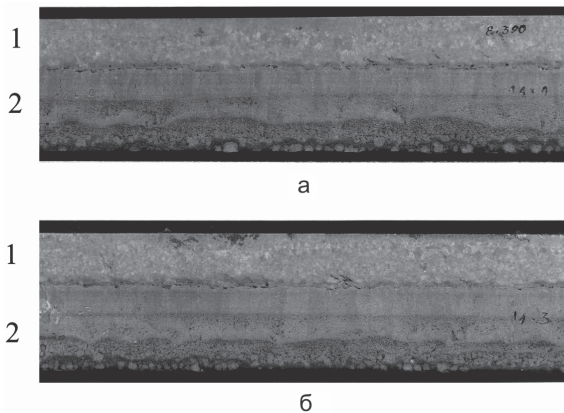


Рис. 3. Макроструктура матеріалу поздовжніх темплетів, вирізаних із лівої половини бочки ролика виконання 17Х12МФЛ-20Л: а – торець бочки, б – центральна частина бочки; 1 – робочий шар, 2 – внутрішній шар.

Fig. 3. Macrostructure of the material of longitudinal templates cut from the left half of the barrel of the roller of the 17Х12МФЛ-20Л: а – barrel end, б – central part of the barrel; 1 – working layer, 2 – inner layer.

Макроструктура робочого шару ролика виконання 17Х12МФЛ-20Л після 1250 плавок складалася з рівноважних кристалів глобулярної форми розміром у діаметрі 1...4 мм (рис. 4). У внутрішньому шарі на межі з робочим шаром була зона змішування двох металів, що утворилася при виготовленні заготовок з вираженою стовпчастою структурою. Внутрішній шар біметалу мав стовпчасту будову і складався з кристалів витягнутої форми (дендрит) і внутрішньої поверхні кристалів глобулярної форми з розміром в діаметрі 5...8 мм. У зовнішньому та внутрішньому шарах макротріщини були відсутні.

Дослідження механічних властивостей матеріалів біметалевої бочки ролика виконання 17Х12МФЛ-20Л показало, що рівень міцнісних

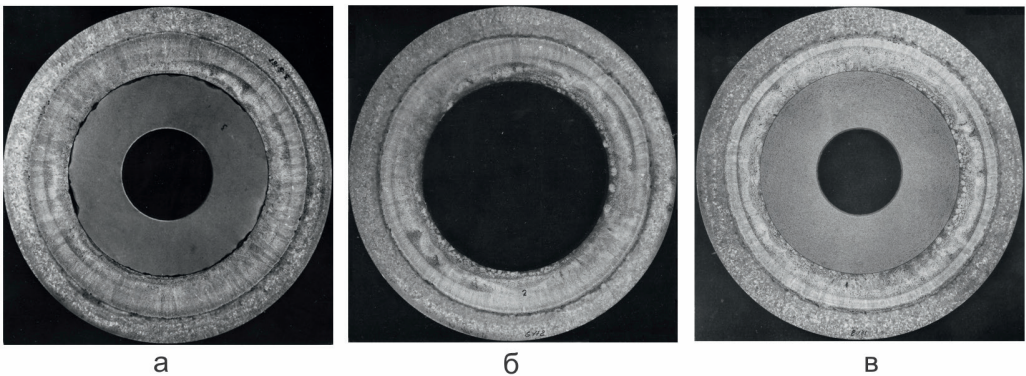


Рис. 4. Макроструктура матеріалів темплетів, вирізаних з лівої (а), центральної (б) та правої (в) частин бочки ролика виконання 17Х12МФЛ–20Л.

Fig. 4. Macrostructure of template materials cut from the left (a), central (b) and right (c) parts of the roller barrel of the 17Х12МФЛ–20Л.

властивостей зовнішнього шару ролика після 1200 плавок майже не змінився у порівнянні з первісними властивостями і становив $\sigma_B = 770...790$ МПа, $\sigma_{0,2} = 600...650$ МПа. Ударна в'язкість робочого шару зменшилася з $40...70 \times 10^{-2}$ МДж/м² до $4...8 \times 10^{-2}$ МДж/м², а ударна в'язкість внутрішнього шару з $90...100 \times 10^{-2}$ МДж/м² до $10...30 \times 10^{-2}$ МДж/м².

У порівнянні з вихідними властивостями матеріал кованих роликів із сталі 25Х1М1Ф мав такі властивості: $\sigma_B = 900...980$ МПа, $\sigma_{0,2} = 800...840$ МПа, $KCU = 50...60 \times 10^{-2}$ МДж/м².

Таким чином, властивості сталей біметалевої пари 17Х12МФЛ–20Л після 1250 плавок знизилися незначно. Ролики цього виконання мали ресурс роботи, що значно перевищував 1250 плавок, як за зносом, так і за міцністними властивостями сталі 17Х12МФЛ.

Висновки

Результати аналізу макроструктури та рівня властивостей матеріалу біметалевих роликів дослідної партії, які відпрацювали на 25 % більше середнього показника стійкості кованих роликів, що становить 1000 плавок, дозволило зробити наступні висновки:

- ролики виконань 17Х12МФЛ–20Л та 20Х25Н19С2Л–20Л після 1250 плавок мали знос 0,4...0,6 мм, що у 7...10 разів менше, ніж знос серійних кованих роликів (3,5...4 мм після 1000 плавок);

- у роликах діаметром 300 мм виконання 20Х25Н19С2Л–20Л сітка розпаду починала утворюватися після 600 плавок, до 1250 плавок глибина тріщин у робочому шарі становила 7...9 мм, в окремих випадках 12...17 мм. Внутрішній шар деформувався або мав радіальні тріщини у районі опорних цапф. Рівень міцності сталі 20Х25Н19С2Л до 1250 плавок знижувався на 9 %;

- у роликах виконання 17Х12МФЛ–20Л сітка розпаду починала утворюватися після 1000 плавок та до 1250 плавок розвивалася на центральній ділянці бочки довжиною 250...300 мм. Глибина тріщин не перевищувала 1 мм. Макроструктура робочого та внутрішнього шарів ролика

виконання 17Х12МФЛ–20Л не зазнавала змін після 1250 плавок. Рівень міцності стали 17Х12МФЛ після 1250 плавок не змінювався.

Література

1. Адамов І.В., Жукаєв В.І., Хитько Л.О. Розробка конструкції ролика зони вторинного охолодження МБЛЗ // Механізація та підвищення ефективності технологічних процесів виробництва виливків металургійного обладнання: тези доп. IV Республ. наук.-техн. конф., жовт. 1986. — Дніпропетровськ, 1986. — С. 136-137.
2. Адамов І.В., Буніна Ю.К., Сабанський М.В., Хитько Л.О. Зміна структури литої хромонікелевої сталі в процесі експлуатації роликів МНЛЗ // Підвищення технічного рівня та вдосконалення технологічних процесів виробництва виливків: тези доп. V Республ. наук.-техн. конф., лип. 1990. — Дніпропетровськ, 1990. — Т. II. — С. 40-41.
3. Дніпропетровський металургійний інститут. Розробити та впровадити технологію виготовлення складових роликів з відцентроволитими двошаровими бандажами для МБЛЗ: Звіт про НДР / Керівник І.В. Адамов. — Дніпропетровськ, 1985. — 145 с. — № держреєстрації 1830028474.
4. Шапран Л.О. Розробка та освоєння технології виготовлення біметалічних відцентроволитих роликів машин безперервного лиття заготовок: Дис. ... канд. техн. наук: 05.16.04. — Дніпропетровськ: НМетАУ, 2009. — 214 с.
5. Хитько Л.О. Вибір сплавів та розробка технології відцентрового лиття біметалічних заготовок для роликів МБЛЗ // Теорія та практика металургії. — 1998. — № 4. — С. 33-34.
6. Іванова Л.Х., Шапран Л.О. Вибір оптимального поєднання властивостей матеріалу для відцентроволитих біметалічних роликів МНЛЗ // Теорія та практика металургії. — 2009. — № 1-2. — С. 49-52.
7. Іванова Л.Х., Шапран Л.О., Щурова С.А. Вибір та оптимізація хімічного складу матеріалів для роликів МБЛЗ // Будівництво, матеріалознавство, машинобудування: Зб. наук. праць. — Дніпропетровськ: ПДАБА, 2009. — Вип. 48, ч. 2. — С. 137-142.
8. Яковлев В.В., Барішніков Ю.І., Сурков А.В., Гарбуль А.Ф., Кописов В.А., Горюшко А.П. Досвід наплавлення роликів МБЛЗ // Сталь. — 1999. — № 9. — С. 60-61.
9. Three years study continuous arbor – sluve rollins advantages // Iron and Steel Engineer. — 1981. — Vol. 54, № 4. — P. 199-204.

References

1. Adamov, I. V., Zhukayev, V. I., & Khytko, L. O. (1986). Rozrobka konstruktsiyi rolyka zony vtorynnoho okholodzhennya MBLZ. In *Mekhanizatsiya ta pidvyshchennya efektyvnosti tekhnolohichnykh protsesiv vyrobnytstva vylivkov metalurhiynoho obladnannya: IV Respubl. nauk.-tekhn. konf., zhovt. 1986: tezy dopovid.* (pp. 136-137). Dnipropetrovsk, Ukraine [in Ukrainian].
2. Adamov, I. V., Bunina, Y. K., Sabanskyi, M. V., & Khytko, L. O. (1990). Zmina struktury lytoy khromonikelevoyi stali v protsesi ekspluatatsiyi rolykiv MNLZ. In *Pidvyshchennya tekhnichnoho rivnya ta vdoskonalennya tekhnolohichnykh protsesiv vyrobnytstva vylivkov: V Respubl. nauk.-tekhn. konf., lypen' 1990: tezy dopovid.*, Vol. II (pp. 40-41). Dnipropetrovsk, Ukraine. [in Ukrainian].

3. Dnipropetrovsk Metallurgical Institute (DMetI). (1985). *Rozrobyty ta vprovadyty tekhnolohiyu vyhotovlennya skladovykh rolykiv z vidtsentrovolytymy dvosharovymy bandazhamy dlya MBLZ: Zvit pro NDR* (U813070003; No. GR 1830028474). Dnipropetrovsk, Ukraine. [in Ukrainian].
4. Shapran, L. O. (2009). *Rozrobka ta osvoyennya tekhnolohiyi vyhotovlennya bimetalichnykh vidtsentrovolytykh rolykiv mashyn bezpererivnoho lyttya zahotovok* [PhD thesis, NMetAU]. Dnipropetrovsk, Ukraine. [in Ukrainian].
5. Khytko, L. O. (1998). Vybir splaviv ta rozrobka tekhnolohiyi vidtsentrovoho lyttya bimetalichnykh zahotovok dlya rolykiv MBLZ. *Teoriya ta praktyka metalurhiyi*, (4), 33-34. [in Ukrainian].
6. Ivanova, L. Kh., & Shapran, L. O. (2009). Vybir optimal'noho poyednannya vlastyvostey materialu dlya vidtsentrovolytykh bimetalichnykh rolykiv MNLZ. *Teoriya ta praktyka metalurhiyi*, (1-2), 49-52. [in Ukrainian].
7. Ivanova, L. Kh., Shapran, L. O., & Shchurova, S. A. (2009). Vybir ta optymizatsiya khimichnoho skladu materialiv dlya rolykiv MBLZ. *Budivnytstvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannya: Zbirnyk naukovykh prats'*, 48(2), 137-142. [in Ukrainian].
8. Yakovlyev, V. V., Baryshnikov, Y. I., Surkov, A. V., Harbul, A. F., Kopysov, V. A., & Horyushko, A. P. (1999). Dosvid naplavlennya rolykiv MBLZ. *Stal'*, (9), 60-61. [in Ukrainian].
9. Three years study continuous arbor – sluve rollins advantages. (1981). *Iron and Steel Engineer*, 54(4), 199-204. [in English].

Одержано 26.02.25

Evaluation of the operational properties of the rollers of the secondary cooling zone of the MCCM

O. Y. Hitko¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
hitkoau@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8092-0117>

L. Kh. Ivanova¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, ivanovalitvo@gmail.com,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5997-610X>

O.Y. Bereza², Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
o.y.bereza@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9848-9737>

¹Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine

²Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Summary

The study is devoted to determining the operational characteristics of steel bimetallic rollers of a continuous billet casting machine in comparison with forged rollers. It is shown that the experimental rollers with a diameter of 270 mm fully worked out the overhaul period (70 days) together with serial forged rollers in one cassette. The durability of the rollers was 985 meltings. It is shown that the durability of bimetallic rollers increased by 7...10 times compared to forged rollers, and the ignition grid began to form only after 1000 meltings. The results of measuring the wear of the barrel diameters of the experimental and serial rollers showed that the maximum wear of the barrel of the experimental roller of the 20X25H19C2Л–20Л was 0.2 mm, the roller

Структура, зношування, руйнування

of the 17X12МФЛ–20Л was 0.4 mm, and the serial forged rollers were 2.5...4.0 mm. The studies of the ignition resistance of experimental rollers of both designs were carried out on annular and longitudinal templates cut after their operation. In rollers of design 20X25H19C2Л–20Л, after 600 meltings, the formation of an ignition network began on their surface along the entire length of the barrel that was in contact with the ingot. By 1250 meltings, the depth of cracks in the working layer of these rollers was 7...9 mm, in some cases 12...17 mm. The inner layer was deformed or had radial cracks in the area of the support pins. Analysis of the level of mechanical properties of steel 20X25H19C2Л after 1250 meltings showed a slight (by 9%) decrease in strength compared to the initial properties of the steel. In rollers of the 17X12МФЛ–20Л, the ignition grid began to form only after 1000 heats and by 1250 heats it developed in the central section of the barrel with a length of 250...300 mm. The depth of the cracks did not exceed 1 mm. The strength level of 17X12МФЛ steel did not change after 1250 heats. The macrostructure of the working and internal layers of the roller of the 17X12МФЛ–20Л did not change after 1250 heats. When visually inspecting the surface defects of adhesion on the barrels of the experimental rollers, there were no adhesion defects. In the compared serial forged rollers, an ignition grid and striped adhesion were developed.

Keywords: roller, steel, macrostructure, operation, strength.

Журнал **МОМ** внесено до Переліку наукових фахових видань України згідно з наказом Міністерства освіти і науки України №409 від 17.03.2020.

Повна назва журналу
**"Науково-технічний журнал
"Металознавство та обробка металів"**

Вартість одного номера журналу - 150 грн.
Перед оплатою необхідно узгодити потрібну кількість номерів з редакцією.

Оплата здійснюється на розрахунковий рахунок Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України.

Доступні архівні номери журналу з 1995 р. по 2024 р. включно.

**Розрахунковий рахунок для замовників,
спонсорів і рекламодавців:**
р/р UA828201720313251001201012215,
банк ДКСУ в м. Києві код банку 820172
Отримувач - ФТІМС НАН України, код ЄДРПОУ 05417153,
з посиланням на журнал "МОМ"

Копію документа оплати та відомості про отримувача
просимо надсилати до редакції,
вказавши номер і дату платіжного документа.