УДК 621.791.92: 621.771.0

ПЕРЕМІТЬКО В. В., д.т.н., професор
НОСОВ Д. Г., к.т.н., доцент
КОЛОМОЄЦЬ І. В., аспірант

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Україна

# УРАХУВАННЯ ХАРАКТЕРУ ЗНОШЕННЯ ЛИСТОПРОКАТНИХ ВАЛКІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ

**Вступ.** З досвіду експлуатації багатьох пар тертя відомо про вибірковість, нерівномірність зносу контактних поверхонь, особливо у разі значних їх геометричних параметрів та зростання ймовірності неоднакового характеру або величини прикладеного зусилля [1, 2]. Зокрема, це підтверджує аналіз фактичного стану опорних валків листопрокатних станів на кінець компанії (рис.1, [3]).

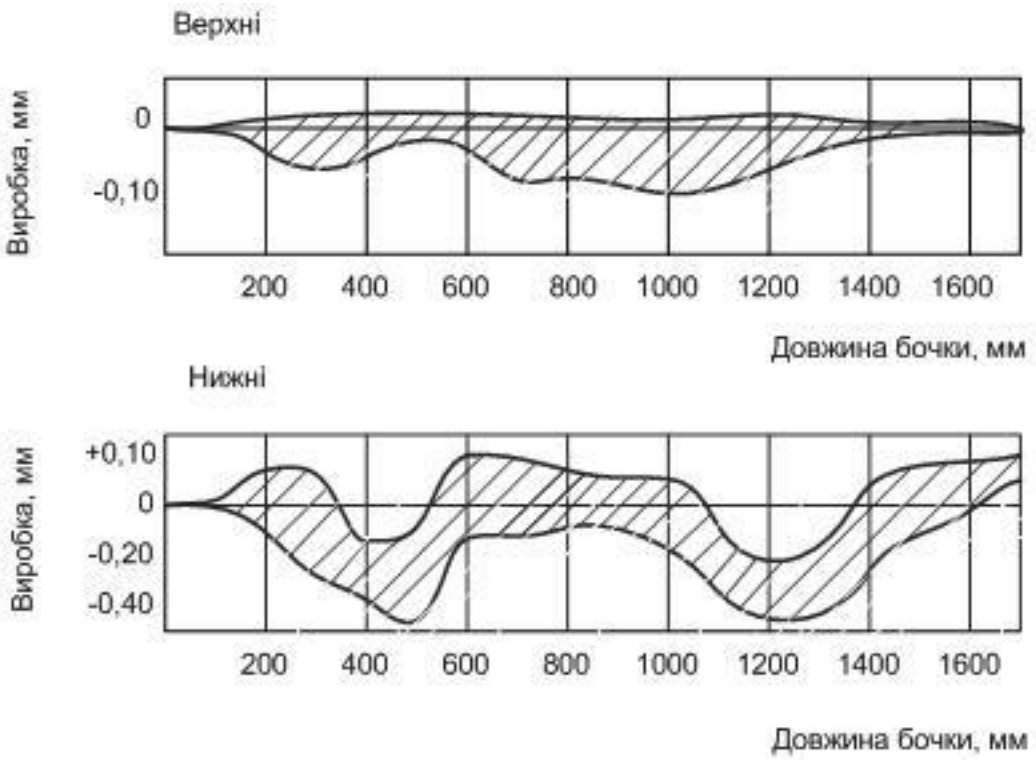



Рисунок 1 – Узагальнені данні по зношенню опорних валків (чистова група тонколистового стану 1680, «Запоріжсталь»)

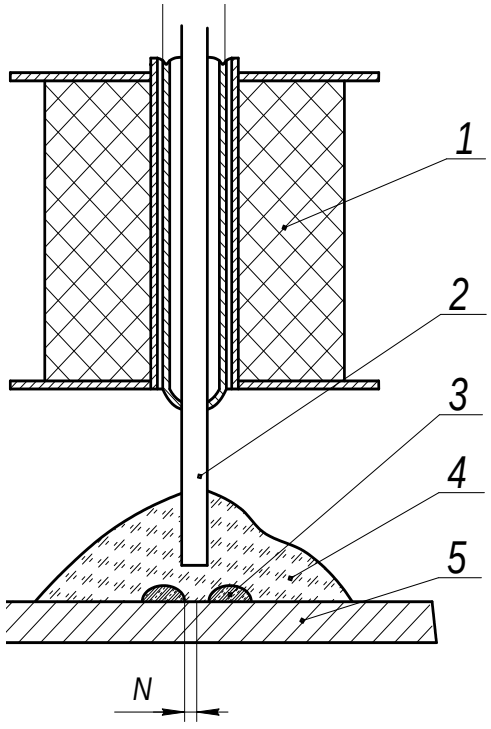
Названі обставини визначають актуальність диференційованого підходу до відновлення подібних поверхонь деталей, зокрема тих, що експлуатуються у прокатному виробництві. Позитивні результати [4–6], одержані дослідниками при наплавленні шарів з властивостями, змінними по зонах поверхні та глибині, дають підставу розглядати отриманий досвід як перспективний шлях підвищення працездатності контактних пар тертя при їх відновленні зварювальними методами.

**Постановка задачі**. Привабливим для реалізації виглядає принцип, покладений у технологію виробництва зварних складаних тонколистових заготівок «Tailored Blanks». Вона передбачає розкрій листових заготівок різних марок сталей з різними товщинами та якістю поверхні на задані елементи, які зварюють в єдиний лист або заготівку для наступного штампування [7]. Згадану технологію реалізовано й для тіл обертання.

Стосовно устаткування прокатних станів запропоновано зміцнювати робочу поверхню валків шляхом наплавлення шарів нової конструкції, що передбачає чергування ділянок з більшою та меншою твердістю [4]. Цей підхід авторами передбачався для реалізації зміною наплавних матеріалів (дротів, стрічок) [5]. Останній факт ускладнює загальну технологічну схему та збільшує загальний час наплавлення.

У даній роботі за мету ставилася задача нанесення електродуговим наплавленням металу зі змінними складом та структурою в межах окремих валиків, шарів та зон оброблюваної поверхні. При цьому передбачалося виконати умову наплавлення неоднорідного металу погоджено до фактичного зношення поверхні вузла, при використанні незмінного електродного матеріалу. Реалізація поставленої мети, як очікується, повинна сприяти досягненню рівномірності зношування та збільшенню ресурсу роботи реальних вузлів тертя.

**Результати роботи.** Для подовження терміну експлуатації деталей прокатних станів, що піддаються абразивному зношенню, проводили лабораторні випробування зразків, на які наплавленням наносилися шари з одночасним подаванням порошкових матеріалів. За основу взято схему дугового наплавлення по шару легувальної шихти, яка дозволяє ефективно попереджати повне розчинення додатково внесених матеріалів [8]. На поверхню попередньо накладалися вуглецьвмісні волокна (Т 700Sc Torey або фурелен $C_{60}$) смугами, крок між якими обирали за умови розташування торця електродного дроту зі зміщенням відносно краю смуг (рис. 2).




1 – котушка, що створює магнітне поле; 2 – електродний дріт;
3 – шар легувальної шихти; 4 – флюс;
5 – наплавлюваний зразок; *N* – зміщення

Рисунок 2 – Схема внесення додаткових матеріалів

В якості матеріалу, що фіксує розташування вуглецьвмісних волокон (від 2-х до 4-х ниток на валик), застосовували суміш на основі ґрунтовки, до якої додавали залізний порошок (15...25 мас. %) та аеросил (0,6...1,2 мас. %).

У дослідах використовували автомат зварювальний АДС-1000 з універсальним випрямлячем ВДУ-506. Нанесення шарів виконували дротом Св-08А діаметром 3 мм під флюсом АН-348А на постійному струмі зворотної полярності. Режим наплавлення: струм 400...420 А, напруга на дузі 32...36 В, швидкість подачі дроту 160 м/год, швидкість наплавлення 12...16 м/год, крок 6..8 мм. Матеріал зразків – сталь 09Г2С (твердість у стані поставки – НВ 128...143).

Управління кристалізацією металу валиків виконували за допомогою електромагнітного перемішування зварювальної ванни зовнішнім поздовжнім магнітним полем. На мундштук пальника кріпили котушку, яка продукує аксіальне магнітне поле. Живлення котушки відбувалося постійним струмом.

При проведенні експериментів варіювали складом суміші (концентрації $SiO_2$ + Fe), кількістю вуглецевих волокон, а також індукцією зовнішнього магнітного поля.

Після наплавлення шарів із зразків вирізалися шліфи розміром 20×40 мм, які травилися у 5 % розчині спирту та азотної кислоти та підлягали замірам твердості на твердомірі ТК-2.

Виходячи з отриманих результатів, найвищі показники твердості наплавленого металу фіксуються на периферії наплавлених валиків, виразний максимум – HRC30 – спостерігається при магнітній індукції В = 60 мТл, $SiO_2$+Fe – 0,8...1,0 мас. %, *n* – 4 шт.

У разі використання у якості вуглецьвмісного волокна фурелену С60 значення твердості виявилися значно нижчими – максимальне сягало НВ176 (HRC7…8). У місці, куди наносились шари аеросилу, при однакових режимах наплавлення спостерігається збільшення твердості на 8...10 одиниць HRC.

Оцінивши значення твердості, можна зробити висновок, що при збільшенні кількості вуглецевих волокон та величини магнітної індукції підвищується твердість наплавлених шарів. Проте, як показує практика, при збільшенні величини магнітної індукції вище 70 мТл з'являються пори через інтенсивне перемішування зварювальної ванни.

Таким чином, при внесенні додаткових матеріалів у вигляді Аеросилу та вуглецьвмісних волокон Т 700Sc Torey спостерігається підвищення твердості у 1,5…2 рази, причому найбільша твердість спостерігається на периферії валика.

Після вимірювання твердості був проведений аналіз отриманих мікроструктур. На рисунках 4–6 зображені мікроструктури зразка, твердість якого після вимірювання була максимальною.

Аналіз мікроструктур свідчить про вплив магнітного поля на кристалізацію. Стався рівномірний розподіл часток порошкового матеріалу в наплавленому металі, бал зерна досяг 8...10 проти вихідних 6...8.

Вивчивши отримані структури можна зробити висновок, що в основному металі типова перліто-феритна структура. В наплавленому шарі структура коливається від перліто-феритної із значною часткою бейніту (до 50 %) посередині валика, до такої ж основи з часткою мартенситу на рівні 25…30 % на периферії наплавки. При цьому слід зазначити, що бал зерна не зменшився, а навіть збільшився на 3–4 одиниці в точці з максимальною твердістю (зона сплавлення, місце подавання додаткових матеріалів). Як позитивна тенденція, у сформованих наплавленням покриттях прослідковується незначна блочність мартенситних виділень з малою розвиненістю голчатої будови. Подрібнення зерна зазвичай пов'язане з достатньо великою пластичністю металу, що дозволяє йому успішно опиратись руйнуванню під час контактування поверхневих шарів, характерному при абразивному зношенню. У даному разі, збільшення розміру та подрібнення зерен слід пов'язувати із сумісною дією накладання магнітного поля та не повністю розчинених часток $SiO_2$, які виступають в якості додаткових осередків кристалізації. У всіх точках дослідження фіксується видозміна виділень фериту, який набуває голчатої форми. Це дозволяє зазначеній фазі забезпечувати наплавленому металу поєднання високих в'язкості та міцності.

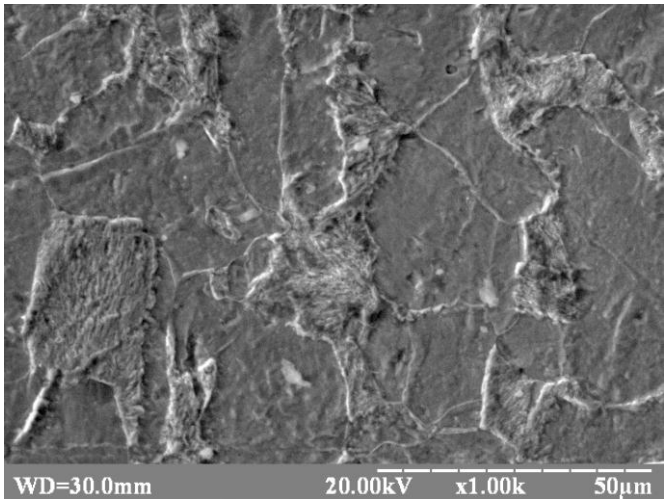



Рисунок 4 – Структура основного металу

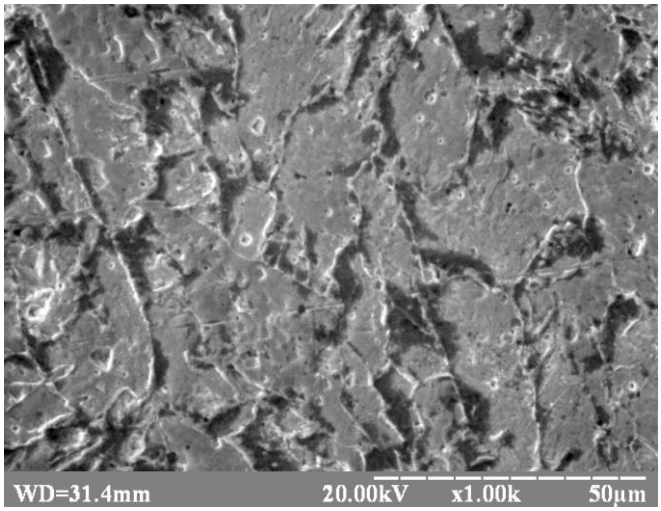



Рисунок 5 – Структура наплавленого металу по середині валика

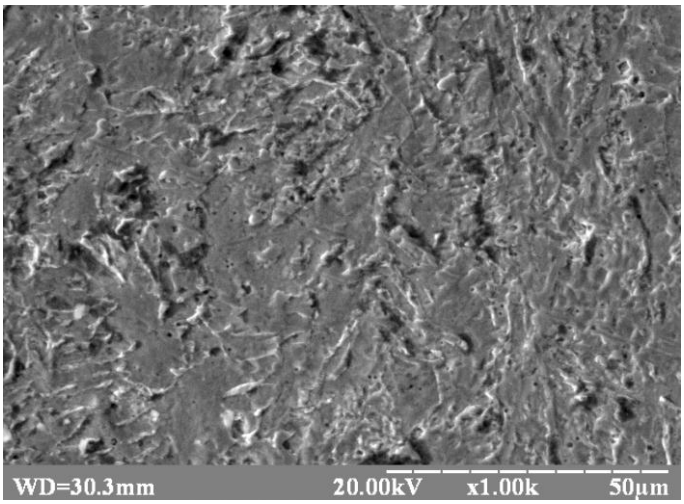



Рисунок 6 – Структура наплавленого металу на периферії валика

Аналіз мікроструктури металу, наплавленого із внесенням фулерену $C_{60}$ свідчить про те, що внесення інокулянта сприяло збільшенню кількості центрів кристалізації, а введення аеросилу позначилося на виникненні голчастого фериту.

**Висновки.**

1. Доведена можливість досягнення зміни у складі та властивостях нанесених дуговим наплавленням шарів по окремих їх зонах при попередньому нанесенні на поверхню нанопорошку $SiO_2$, залізного порошку Fe, вуглецьвмісного матеріалу у вигляді волокон та дії зовнішнього магнітного поля.

2. Встановлено, що твердість наплавленого шару збільшується у 1,6…2 рази, а на периферії валика, в місцях внесення додаткових матеріалів – до 2,5 разів. Максимальна твердість – 30 HRC – спостерігається при концентрації $SiO_2$+Fe 0,6 %, кількості вуглевмісних волокон – 4, індукції магнітного поля 60 мТл.

4. У разі накладання зовнішнього магнітного поля спостерігається рівномірне перемішування $SiO_2$ та значне подрібнення зерна наплавленого металу. У всіх точках дослідження прослідкується видозміна виділень фериту, який набуває голчатої форми. Останнє дозволяє зазначеній фазі поєднувати високу в'язкість та міцність. Бал зерна виріс з 5…6 до 7…9 одиниць.

5. Отримані результати можуть бути застосовані при розробці технологій відновлення деталей прокатного виробництва, що нерівномірно зношуються по контактним поверхням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гаркунов Д. Н. Триботехника. – Москва : Машиностроение, 1989.
2. Власов В. М. Работоспособность упрочненных трущихся поверхностей. – Москва : Машиностроение, 1987.
3. Чекмарев А. П., Грудев А. П., Максименко О. П. и др. Смазка контактной зоны робочих и опорных валков // Сталь. – 1975. – № 1. – С. 57–59.
4. Лещинский Л. К., Гулаков С. В., Степнов К. К., Носовский Б. И. Валки с наплавленным слоем новой конструкции повышают эффективность работы прокатных станов // Сб. Наплавка. Опыт и эффективность применения. – Киев. – 1985. – ИЭС им. Е. О. Патона. – С. 17–20.
5. Гулаков С. В., Головачев М. В., Аленгос Н. Н. Автоматизированное оборудование для дуговой наплавки рабочего слоя с регламентированным распределением свойств // Сб. Оборудование и материалы для наплавки. – Киев. – 1990. – ИЭС им. Е. О. Патона. – С. 14–17.
6. Соколов Г. Н., Лысак В. И. Наплавка износостойких сплавов на прессовые штампы и инструмент для горячего деформирования сталей. – Волгоград, РПК «Политехник», 2005.
7. Бернадский В. Н. () Тонколистовые сварные составные заготовки «Tailored Blanks» в автомобилестроении // Автоматическая сварка. – 2001, 6. – С. 32–36.
8. Перемитько В. В. Износостойкая дуговая наплавка по слою легирующей шихты // Автоматическая сварка. – 2014, 8. – С. 56–59.