

ОЦІНЮВАННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ РОБОЧОГО ШАРУ ВАЛКА МЕТОДОМ ВИМІРЮВАННЯ КОЕРЦИТИВНОЇ СИЛИ¹⁵

Івахненко О.М., студент групи МС-21-22
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Робочий шар двошарових високохромистих чавунних валків характеризується високим рівнем напружень, що може стати причиною передчасного руйнування в процесі експлуатації валка – виникають відшаровування, сітка розпалу. Вимірювання коерцитивної сили дозволяє оцінити залишкові напруження та їх розподіл в робочому шарі валка після виготовлення та в процесі експлуатації.

Ключові слова: двошаровий валок, високохромистий чавун, напруження, коерцитивна сила.

ASSESSMENT OF THE STRESS STATE OF THE WORKING LAYER OF THE ROLL COERCIVE FORCE MEASUREMENT METHOD

Ivahnenco O., student of group МС-21-22
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The working layer of two-layer high-chromium cast iron rolls is characterized by a high level of stress, which can cause premature destruction during the operation of the roll - delamination, annealing grids occur. Measuring the coercive force makes it possible to estimate residual stresses and their distribution in the working layer of the roll after production and during operation.

Key words: double-layer roll, high-chromium cast iron, tension, coercive force.

Вступ

Підвищення продуктивності прокатних станів та якості прокату висуває все більш високі вимоги до властивостей формуючого інструменту та збільшення терміну його служби [1]. До прогресивних розробок у галузі технології виготовлення прокатних валків відноситься метод відцентрового лиття, який значно розширює можливості використання зносостійких, але нетехнологічних матеріалів, таких як високохромисті чавуни. Робочий шар двошарових високохромистих валків характеризується високим рівнем напружень. Перевищення допустимого рівня напруження або несприятливий розподіл може стати причиною передчасного руйнування в процесі експлуатації валка – виникає відшаровування, сітка розпалу.

Аналіз публікацій

Валки прокатних станів – основний робочий інструмент процесу прокату-вання. Щоб забезпечити отримання прокату заданої форми, розмірів і якості прокатні валки повинні мати високий комплекс експлуатаційних властивостей [2].

На жаль дуже складно створити високий рівень властивостей, тому приходится забезпечувати оптимальні комбінації значень властивостей. Наприклад, валки одночасно повинні мати високий коефіцієнт тертя, щоб захватувати метал, і одночасно малий коефіцієнт

¹⁵ Робота виконана під керівництвом доцента Лалазарової Н.О.

тертя, щоб забезпечити високу зносостійкість; високу міцність та зносостійкість і одночасно не високу міцність та зносостійкість, щоб забезпечити добру оброблюваність різанням; піддаватися термічній обробці – гартовуванню – для підвищення твердості і разом з тим високу термічну стійкість, щоб зберігати властивості під дією високих температур; потрібна висока твердість і зносостійкість робочої поверхні і одночасно здатність сприймати динамічні навантаження. Цей комплекс суперечливих властивостей може бути отриманий при підборі хімічного складу та особливостями технології виплавки, лиття, термічної обробки. Складність технології отримання валків пояснюється не тільки особливостями матеріалів та спеціальним комплексом властивостей, а також їх геометричними параметрами.

Валки виготовляють із сталі, твердих сплавів, чавунів [3, 4]. При гарячому прокатуванні на сортових та листових станах застосовують чавунні валки. Ці валки забезпечують достатньо високу зносостійкість (у кілька разів вищу ніж сталеві). Прокатний чавунний валок – це одна з найбільш складних деталей, яку виготовляють методом лиття.

В залежності від хімічного складу використовують валки з нелегованого чавуну з пластинчастим або кулястим графітом та з легованого чавуну (хромом-нікелем та високохромисті).

Зважаючи на те, що основними вимогами до властивостей формуючого інструменту є зносостійка робоча поверхня і міцна серцевина, валки виготовляють з різнорідних матеріалів. Але через відмінність у рівні їх теплофізичних властивостей у процесі експлуатації можливе руйнування або відшарування робочого шару формуючого інструмента. Отримати з різних матеріалів виріб необхідної якості з мінімальними виробничими витратами дозволяє метод відцентрового лиття.

Експлуатаційна стійкість валків з високохромистого чавуну значно вища, ніж хромонікелевого або адамітового, що пов'язано з його меншою схильністю до формування сітки розпаду, окиснення, налипання окалини при прокатуванні, більшою твердістю в результаті формування спецкарбідів хрому типу Me_7C_3 .

Спосіб відцентрового лиття двошарових валків з робочим шаром з високохромистого чавуну забезпечує економію легуючих елементів і дозволяє механічно обробляти менш тверду серцевину валка при виготовленні шийок і тріфів [5].

Аналіз інформаційних матеріалів показав, що в даний час провідні вальцеливарні фірми виготовляють високохромисті валки з вмістом хрому 12 – 20 % і вуглецю 2,4 – 3,4 %. Карбіди є одним з основних елементів структури робочого шару високохромистих чавунів. Так як робочий шар двошарових високохромистих валків характеризується високим рівнем напружень, то необхідно контролювати їх рівень. Через великі розміри валка процес контролю рівня напружень досить складний і тому потрібен високопродуктивний, неруйнівний метод контролю [6].

Мета роботи і завдання

Метою роботи є оцінювання рівня залишкових напружень в робочому шарі магнітним методом за коерцитивною силою. Для досягнення цієї мети були поставлені та вирішені наступні завдання: оцінка напруженого стану робочого шару валка методом виміру коерцитивної сили; встановлення кореляційного зв'язку між твердістю та коерцитивною силою.

Матеріал і методи дослідження

Дослідження проводили на зразках, відібраних від верхніх та нижніх кілець бочок відцентроволитих валків широкосмугових станів з робочим шаром із високохромистого

чавуну. Матеріал робочого шару мав наступний хімічний склад: 2,58 % C; 0,74 % Si; 1,10 % Mn; 0,07 % P; 0,04 % S; 1,28 % Ni; 0,98 % Mo; 0,03 % Mg, вміст хрому у різних зразках складав – 12,2 % Cr; 16,6 % Cr і 18,8 % Cr. Визначення хімічного складу матеріалу робили на портативному оптичному емісійному аналізаторі PMI-master UVR.

Твердість валків вимірювали портативним динамічним твердоміром моделі TIME5120 за методом Шора (HS).

Оцінювання напружено – деформованого стану робочого шару валків проводили за допомогою магнітного структуроскопа КРМ-Ц (коерцитиметр) (рис. 1).



Рисунок 1 – Магнітний структуроскоп КРМ-Ц

Робота коерцитиметра заснована на намагнічуванні ділянки виробу за допомогою приставного електромагніту з подальшим розмагнічуванням. Вимірюється струм розмагнічування I_p , пропорційний коерцитивній силі H_c .

Результати дослідження

Експлуатаційні властивості прокатних валків в умовах термоциклічного навантаження значною мірою залежать від рівня залишкових напружень в робочому шарі. Занадто високий рівень напружень або їх несприятливий розподіл можуть стати причиною передчасного пошкодження робочого шару валків як при їх експлуатації, так і в процесі підготовки до неї (шліфування). Для оцінювання напружено – деформованого стану робочого шару з високохромистого чавуну використовують магнітний контроль (за коерцитивною силою), який є неруйнівним та високопродуктивним методом [6].

Використання як експрес – методу вимірювання коерцитивної сили за допомогою магнітного структуроскопа КРМ-Ц (коерцитиметр) дозволяє оцінити залишкові напруження та їх розподіл після виготовлення та в процесі експлуатації (до та після кожного профілювання). Виявлення областей з високим значенням H_c може бути основою для прогнозу утворення тріщин, відшаровування робочого шару та руйнування шийок.

Коерцитивна сила чутлива, з одного боку, до структурних змін у сплаві, а з іншого – до напружень, що накопичуються. Тому, на додаток до оцінки поверхневої твердості як експрес-методу для визначення напруженого стану вилівка використовували вимірювання коерцитивної сили за допомогою коерцитиметра КРМ - Ц. Проведено вимірювання твердості та коерцитивної сили на поверхні бочок 40 валків з різним хімічним складом та умовами формування робочого шару. Як показали дослідження, існує стійкий кореляційний зв'язок між коерцитивною силою та твердістю в інтервалі значень 55 – 80 HS (рис. 2).

Співвідношення між коерцитивною силою та рівнем твердості описується лінійним рівнянням

$$H_c = 1,52 HS - 63,3$$

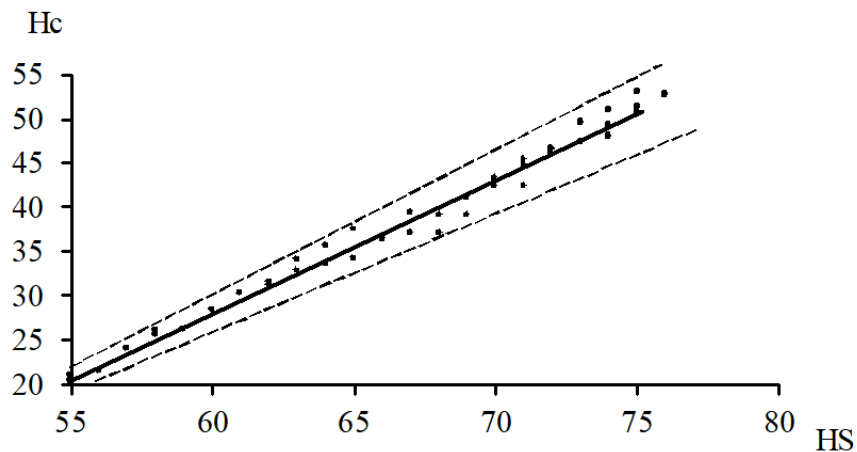


Рисунок 2 – Залежність між твердістю та коерцитивною силою

Аналіз результатів вимірювань показав, що розкид значень в середньому складає 2,3 %. Причому зі зростанням коефіцієнта $K = C_r/C$ розкид значень дещо збільшується і становить 1,7 % для $K < 5$, а $K > 5$ – 2,4 %. Отримане рівняння добре описує співвідношення між твердістю і коерцитивною силою, вимірними на кільцях, відібраних від верхньої і нижньої частини бочок валків.

Напруження, що виникають у робочому шарі валка, можуть відрізнятися в поздовжньому та поперечному напрямку. Значна відмінність цих величин несприятливо впливає на експлуатаційну стійкість валка.

Вимірювання коерцитивної сили в поперечному і поздовжньому напрямку показали, що на поверхні бочки валка відношення $H_{c\text{прод}}/H_{c\text{поп}}$ змінювалося в межах 0,95 – 1,05 та анізотропія не перевищувала 5 %.

Типовим видом руйнування внаслідок незбалансованого розподілу напружень є розтріскування.

Неоднорідність розподілу напружень по поверхні бочки також може бути оцінена методом вимірювання коерцитивної сили. Локальне підвищення рівня H_c може бути основою прогнозу утворення тріщини.

Таким чином, за допомогою коерцитиметричного експрес-методу можна вирішити досить широке коло завдань контролю якості валків.

Висновки

1. Використання магнітного методу дозволяє оцінити залишкові напруження та їх розподіл після виготовлення і в процесі експлуатації прокатного двошарового валка з робочим шаром з високохромистого чавуну за величиною коерцитивної сили.
2. Дослідження показали, що існує стійкий кореляційний зв'язок між коерцитивною силою та твердістю в інтервалі значень 55 – 80 HS.
3. Метод вимірювання коерцитивної сили також може бути використаний для оцінювання неоднорідності розподілу напружень по поверхні бочки валка.

Література

1. Нетребко В. В. Особливості структуроутворення високохромистих чавунів при виготовленні виливків. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*. 2019. № 2. С. 19–23.
2. Куцова В. З., Ковзель М. А., Гребенева А. В. Формування структури та трибологічні властивості високохромистих сплавів. *Металознавство та обробка металів*. 2017. №2. С. 43–48.
3. Маслюк В. А., Караїмчук Є. С., Бондар А. А. Тенденції створення і додаткового легування зносостійких матеріалів на основі системи Fe – Cr – C (огляд). *Металознавство та обробка металів*. 2018. №2. С. 45-55.
4. Калашнікова А. Ю. Удосконалення технологічних процесів одержання виливків з модифікованих зносостійких чавунів для металургійної та гірничорудної промисловості : дис... канд техн. наук : 05.16.04 / Національна металургійна академія України. Дніпро, 2018. 185 с.
5. Іванова Л. Х., Калашнікова А. Ю., Терехін В. О. Розробка технології виготовлення двошарового прокатного валка. Литво. Металургія. 2019: Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції (21-23 травня 2019 р., м. Запоріжжя) / Під заг. ред. д.т.н., проф. Пономаренко О.І. Запоріжжя : АА Тандем. С. 102-104.
6. Скобло Т. С. Метод контролю якості металовиробів, заснований на вимірі коерцитивної сили / Скобло Т. С. та інш. Зб. наукових праць: Якість технологій та освіти. Харків : УПА. Вип.1. 2011. С.9 – 15.