

УДК 621.74:621.74

Іванова Л. Х., Білий О. П., Осипенко І. А.

ВПЛИВ СПОСОБУ ЛИТТЯ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ НА РІВЕНЬ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ У НИХ

Прокатні валки в процесі роботи схильні до різних механічних і теплових впливів з боку прокатного стану і металу, що прокочується. Великий вплив на їх стійкість надають умови експлуатації (хімічний склад і температура металу, що прокочується, режим обтиснення, ефективність і рівномірність охолодження валків і ін.) І якість валків (фізико-механічні властивості і експлуатаційні характеристики матеріалу – зносостійкість і термостійкість). Технологічні особливості виробництва чавунних прокатних валків залежать від умов їх експлуатації [1]. Поліпшення фізико-механічних властивостей і підвищення стійкості прокатних валків може бути досягнуто комплексним модифіцированием їх матеріалів.

Метою даної роботи є дослідження впливу комплексного модифікування на структуру і рівень залишкових напружень у прокатних валках.

В основу дослідження поставлена задача підвищити здатність до зняття напружень при релаксаційному відпалі чавунних прокатних валків.

Зазначена задача вирішувалася розробкою способу лиття прокатних валків, що включає первинне та вторинне модифікування, за якого первинне модифікування здійснюється механічною сумішшю з комплексного модифікатора на основі рідкісноземельних елементів та оксиду гадолінію у співвідношенні 12:1 у розливальному ковші при витраті суміші у кількості 0,54–0,76 % від маси металу, а вторинне феросиліцієм [2].

Технічний результат полягає в тому, що за пропонованим способом первинне модифікування сумішшю з комплексного модифікатора на основі рідкісноземельних елементів та оксиду гадолінію сприяє підвищенню здатності до зняття напружень при релаксаційному відпалі литого чавунного прокатного валка за рахунок зменшення умовного розміру карбідів та збільшення дисперсності перліту у структурі чавуну робочого шару.

При встановленні необхідних кількісних параметрів способу виходили з такого.

Технологію первинного модифікування здійснювали механічною сумішшю з комплексного модифікатора на основі рідкісноземельних елементів та оксиду гадолінію у співвідношенні 12:1 у розливальному ковші при витраті суміші у кількості 0,54–0,76 % від маси металу. Збільшення або зменшення витрати комплексного модифікатора та оксиду гадолінію зменшувало здатність до зняття напружень при релаксаційному відпалі чавунного прокатного валка.

Вторинне модифікування валкового чавуну здійснювали за способом, що викладений у патенті України № 93800, тобто вторинне модифікування здійснювали на струмені чавуну при заливанні валкової форми з чавуном за способом прототипу феросиліцієм застосовуючи присадку 0,2–0,4 % від маси розплаву. Використання інших методів вторинного модифікування разом з вищевказаним первинним модифікуванням до підвищення здатності до зняття напруг при релаксаційному відпалюванні не призводять.

Серією лабораторних досліджень встановлено, що для одержання необхідного високого рівня здатності до зняття напружень при релаксаційному відпалі робочого шару прокатного валка необхідно додати у сплав, мас. %: суміші з комплексного модифікатора на основі рідкісноземельних елементів та оксиду гадолінію 0,54–0,76 %. Зменшення витрати суміші менше за 0,54 % не дозволить одержати необхідні концентрації рідкісноземельних металів та оксиду гадолінію та необхідну структуру чавуну і тому не дозволить досягти мети, що поставлена у винаході, а збільшення суміші понад 0,76 % також не дозволить досягти мети,

тобто підвищення здатності матеріалу робочого шару вилівка до зняття напружень при релаксаційному відпалі через значні зміни у структурі чавуну: збільшення кількості неметалевих включень та кількості цементитної складової.

Для забезпечення введення у розплав мінімальних рекомендованих кількостей рідкісноземельних металів та оксиду гадолінію необхідно ввести індивідуально 0,5 % комплексного модифікатора на основі рідкісноземельних елементів та 0,04 % оксиду гадолінію. Виходячи з цього для досягнення поставленої мети кількості комплексного модифікатора на основі рідкісноземельних елементів і оксиду гадолінію у механічній суміші повинні знаходитися у співвідношенні 12:1. Цим вимогам відповідають складові суміші, що містять, мас. %: 1) комплексний модифікатор на основі рідкісноземельних елементів марки СРЗМ30; 2) оксид гадолінію (чистий).

Спосіб здійснюється наступним чином.

У лабораторних та промислових умовах встановили параметри запропонованого способу обробки чавуну. Були відлиті дослідні партії валків з розмірами $\varnothing 460 \times 1016$ мм за способом найближчого аналога та пропонованим (табл. 1).

Таблиця 1

Хімічний склад дослідних прокатних валків

| Спосіб | Витрата модифікаторів, % за масою | | | Вміст хімічних елементів у чавуні, % | | | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------------|------|--------------------------------------|---------------------|------|------|----------------------|------|-----|------|
| | СРЗМ30 | Gd ₂ O ₃ | ФС75 | C | Si* | Mn | P | S* | Cr | Ni | РЗМ |
| Новий | 0,5 | 0,04 | 0,2 | 3,53 | $\frac{1,24}{1,49}$ | 0,55 | 0,18 | $\frac{0,03}{0,01}$ | 0,61 | 1,8 | 0,13 |
| | 0,7 | 0,06 | 0,4 | 3,52 | $\frac{1,28}{1,50}$ | 0,58 | 0,16 | $\frac{0,03}{0,008}$ | 0,95 | 1,2 | 0,16 |
| Відомий [3] | 0,5 | - | 0,2 | 3,49 | $\frac{1,24}{1,53}$ | 0,57 | 0,17 | $\frac{0,03}{0,01}$ | 1,0 | 1,5 | 0,12 |
| | 0,7 | - | 0,4 | 3,50 | $\frac{1,22}{1,49}$ | 0,59 | 0,15 | $\frac{0,03}{0,008}$ | 0,75 | 2,0 | 0,15 |

* У знаменнику – вміст елемента у робочому шарі валка після модифікування, у чисельнику – до модифікування.

Плавку здійснювали в індукційній печі промислової частоти ІЧТ-6. Як шихтові матеріали застосовували: лом прокатних валків, ливарні чавуни, сталевий лом, феросплави. Як модифікатори використовували для первинного модифікування за найближчим аналогом комплексний модифікатор на основі рідкісноземельних металів марки СРЗМ30, а за пропонованим способом механічну суміш з комплексного модифікатора на основі рідкісноземельних металів марки СРЗМ30 та оксиду гадолінію, а для вторинного модифікування за пропонованим способом феросиліцій марки ФС75. Для заливання валкових форм використовували ківш місткістю 10 т. Чавунний розплав з температурою 1410 ± 5 °С з печі випускали у ливарний ківш, на дно котрого завантажували необхідну кількість механічної суміші з подрібненої (фракція 70–90 мм) лігатури та порошкоподібний оксид гадолінію. Після витримки протягом 5–10 хв. розплав заливали у ливарну форму до надливу та робили витримку протягом 3–4 хв. Далі продовжували заливання та на струм розплаву вводили необхідну кількість вторинного модифікатора (фракції 20–30 мм) – феросиліцію за найближчим аналогом.

Кількість модифікаторів, що застосовувалися, та результати проведених досліджень наведені у табл. 2. Випробування здатності до зняття напружень при релаксаційному відпалі проводили за допомогою спеціального пристрою на трьох зразках-балках рівного опору, вирізаних по глибині робочого шару валків при їх механічному обробленні. Рівень напружень перед релаксаційним відпалом задавали величиною деформації зразка 8 мм. Релаксаційний відпал проводили за таким режимом: нагрівання зі швидкістю 25 град/год до $550 \pm 5^\circ\text{C}$, витримка 1 год, охолодження зі швидкістю 25 град/год до 20°C . Вимір деформацій до та після відпалу проводили за допомогою індикатора часового типу з ціною поділки 0,01 мм.

З даних табл. 2 видно, що поставлена мета була досягнута, здатність до зняття напружень при релаксаційному відпалі матеріалу робочого шару прокатного валка у порівнянні з найближчим аналогом підвищилася на 19–26 %. Структура дослідних чавунів після відпалу практично не змінювалася у порівнянні з литим станом.

Таблиця 2

Результати випробування прокатних валків

| Спосіб | Витрата модифікаторів, % за масою | | | Величина зняття напружень при відпалі (середнє значення), % | Структура дослідних чавунів | | |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------------|------|---|---------------------------------|--|--|
| | СРЗМ30 | Gd ₂ O ₃ | ФС75 | | Тип графіту до та після відпалу | Дисперсність перліту до та після відпалу | Кількість цементиту до та після відпалу, % |
| Новий | 0,5 | 0,04 | 0,2 | 55,7 | ВГр1, ВГр3 | ПД1,0; ПД0,5 | 37,8 |
| | 0,7 | 0,06 | 0,4 | 56,5 | ВГр1, ВГр3 | ПД1,0; ПД0,5 | 38,5 |
| Відомий [3] | 0,5 | - | 0,2 | 44,3 | ВГр1, ВГр3 | ПД1,0 | 36,9 |
| | 0,7 | - | 0,4 | 47,5 | ВГр1, ВГр3 | ПД1,0 | 37,4 |

ВИСНОВКИ

Здатність до зняття напружень при релаксаційному відпалі матеріалу робочого шару прокатного валка у порівнянні з найближчим аналогом підвищилася на 19–26 %. Структура дослідних чавунів після відпалу практично не змінювалася у порівнянні з литим станом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Марукович Е. И. Износостойкие сплавы / Е. И. Марукович., М. И. Карпенко. – М. : Машиностроение, 2005. – 428 с.
2. Пат. 111919 Україна, МПК В22D 25/06. Спосіб лиття прокатних валків з чавуну з вермикулярним графітом / Іванова Л. Х., Колотило Є. В., Хричиков В. Є., Білий О. П., Муха Д. В., Вітер Д. О. (Україна) ; заявник та патентовласник НМетАУ. – № 201504434 ; заявл. 06.05.15 ; опубл. 24.06.16, Бюл. № 12. – 3 с.
3. Пат. 93800 Україна, МПК В22D 27/20. Спосіб лиття прокатних валків з чавуну з вермикулярним графітом / Хричиков В. Є., Іванова Л. Х., Колотило Є. В., Шляпін І. В., Хазанов А. В., Івонін І. В. (Україна) ; заявник та патентовласник НМетАУ. – № 200913016 ; заявл. 14.12.09 ; опубл. 10.03.11, Бюл. № 5. – 3 с.