

## Список литературы

1. Витензон А. С. От естественного к искусственному управлению локомоцией / Витензон А. С., Петрушанская К. А. – М. : Научно-медицинская фирма МБН, 2003. – 448 с.

© Канд. техн. наук А. Ф. Коляда, О. М. Турпак

Технический университет, г. Запорожье

**Koliada A., Turpak O. The calculation of dynamic loads in tracked of vehicles**

# ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАЛІЗАЦІЇ ОКАЛИНИ ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ У НАГРІВАЛЬНИХ ПЕЧАХ

Перехід України на ринкову економіку спричиняє проблеми енерго- та ресурсозбереження в металургійній промисловості. Якщо вирішення питань енергозбереження здійснюється на державному рівні, то у ресурсозбереженні актуальною є проблема зниження утворення окалини під час нагрівання сталевих заготовок у полум'яних печах, а також повернення її як вторинної сировини до виробництва.

Відомо, що швидкість нагрівання заготовок у печах під кування, заданий рівень температури, а також тривалість періоду витримки за цієї температури, визначаються маркою сталі та розмірами заготовок. Так, температура кування заготовок із швидкорізальної сталі Р6М5 знаходиться в межах 1100...1200 °С, а тривалість періоду витримки за цієї температури складає 0,5...3,0 год. У той же час передбачено проміжні підігрівання металу в процесі кування за обмеженої швидкості підйому його температури. Як наслідок, наявність значної тривалості періодів підйому температури та витримки заготовок швидкорізальної сталі перед куванням супроводжується вигаром металу, величина якого сягає 3...4%.

Методи зниження вигару металу при нагріванні сталевих заготовок у полум'яних печах зводяться до дії на чинники, які визначають динаміку його високотемпературного окислення, зокрема:

- вдосконалення конструкції нагрівальних печей і пальників;
- раціональний вибір палива та спалювання його з мінімальним надлишком повітря;
- оптимізація теплового та температурного режимів печі з метою досягнення рівномірності нагрівання сталі та зниження тривалості його перебування на ділянці високої температури.

Заходи, що спрямовано на зниження вигару високолегованих сталей за виробничих умов, дозволяють зменшити їх втрати з окалиною, але не виключають їх узагалі. У зв'язку з цим доцільно здійснювати металізацію окалини з поверненням її до виробництва.

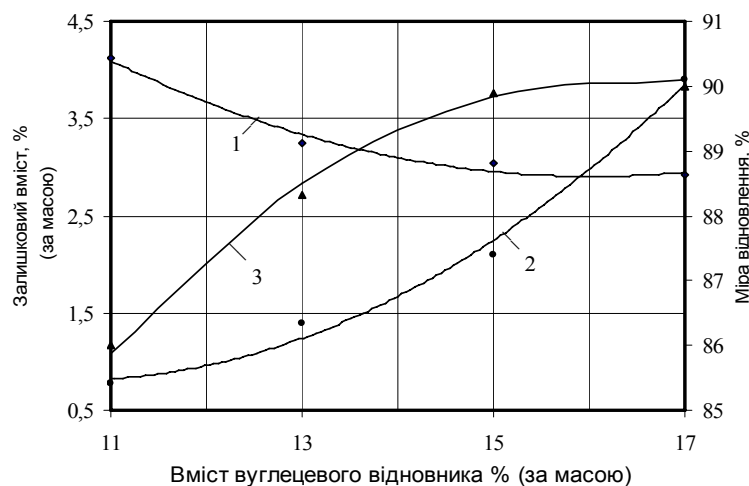
Одним з напрямів утилізації окалини високолегованих сталей, як вторинної сировини, що містить дорогі легуючі елементи, є її вуглетермічне відновлення з наступним використанням металізованого продукту під час виплавляння відповідних марок сталей [3,4]. Тому виникає необхідність визначення раціонального складу шихти, що містить окалину, та параметрів теплового режиму її відновлення, а також вибору конструкції пристрою для його здійснення, які забезпечують необхідні умови для реалізації процесів металізації окалини.

За лабораторних умов експерименти виконували на термогравіметричній установці в інтервалі температур ізотермічної витримки 900...1250 °С. Досліджували шихту із вмістом окалини швидкорізальної сталі Р6М5 у межах 83...89% і вуглецевого відновника 11...17%, яке використовували циклонний пил вуглеграфітового виробництва, графіт і деревне вугілля.

Виявлено, що у шихті із вмістом 15% різних вуглецевих відновників міра відновлення окалини при використанні циклонного пилу вуглеграфітового виробництва сягає 90,0%, при використанні графіту – 87,5% та деревного вугілля – 85,0%, а оптимальний діапазон температури ізотермічної витримки складає 1100...1200 °С.

Змінювання залишкового вмісту кисню та вуглецю у металізованому продукті, а також міри відновлення окалини, залежно від початкового вмісту вуглецю в шихті подано на рисунку. Як свідчить аналіз одержаних результатів, раціональне співвідношення «окалина : вуглець у шихті» складає 1,7...2,0, що відповідає вмісту вуглецевого відновника у межах 13...15%.

За вказаним складом шихти, температури її теплової обробки 1150 °С, а також тривалості ізотермічної витримки упродовж 1,5 год, було досягнуто міру відновлення окалини 88,5...90,0% при залишковому вмісті вуглецю 1,4...2,1%. Наступне збільшення вмісту відновника в шихті є небажаним, оскільки різко підвищує вміст залишкового вуглецю в металізованому продукті за незначним зниженням вмісту залишкового кисню та незначним зростанням міри відновлення окалини.



**Рис. 1.** Залежність залишкового вмісту кисню та вуглецю в металізованому продукті, а також міри відновлення окалини від вмісту вуглецю у шихті:

1 – залишковий вміст кисню; 2 – залишковий вміст вуглецю; 3 – міра відновлення

Дослідні нагрівання шихти виконували на вогневому стенді. Як компоненти шихти використовували окалину швидкорізальної сталі Р6М5, що подрібнено до фракції 0,63 мм, графіт фракції 0,45 мм, а також металеву стружку силового шліфування сталі Р6М5. При збереженні співвідношення між окалиною та графітом окремих партій шихти (85 і 15 % відповідно) змінювали вміст додавань металеві стружки: 0, 15, 30 і 45 %. Шихту розміщували в реакційних капсулах циліндрової форми та піддавали нагріванню до температури 1300 °С упродовж 6,5 год за умов монотонного зростання температури в печі. Під час нагрівання матеріалу з використанням термоелектричних термометрів заміряли температуру шарів шихти біля поверхні та на осі реакційної капсули.

Аналіз результатів теплової обробки шихти різного складу дозволив встановити, що наявність додавань сталеві стружки забезпечує пониження перепаду температури між поверхнею та центром перерізу капсули на момент завершення теплової обробки від 300 °С (відсутність додавань) до 60 °С (вміст додавань – 30 %) і до 40 °С (вміст додавань – 45 %). Отже, за вмістом у шихті додавань сталеві стружки кількістю 30 і 45 % виконуються необхідні умови для металізації шихти за всім перерізом капсули із високою мірою відновлення.

Оцінку впливу рівня температури на процес відновлення окалини здійснювали шляхом витримки в печі шихти, що містить 30 % додавань стружки, за температури печі 1100, 1200 і 1300 °С відповідно. Встановлено, що за температури печі 1200...1300 °С процеси відновлення початкових матеріалів є найбільш завершеними.

На підставі результатів виконаних експериментів було розроблено технологію металізації окалини швидкорізальної сталі Р6М5, що передбачає підготовку шихти, її завантаження в реакційні капсули та подальшу теплову обробку в полум'яній нагрівальній печі за певною температурною програмою [5].

В умовах цеху порошкової металургії ПАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь» виконували промислове випробування зазначеної технології. Металізацію шихти відповідного складу здійснювали в реакційних капсулах циліндрової форми діаметром 150, 300 і 500 мм у двокамерній нагрівальній печі за таким режимом: підвищення температури печі з максимальною швидкістю до 900 °С; витримка упродовж 3 годин; підймання температури печі з максимальною швидкістю до 1200 °С; витримка протягом 1 години; зниження температури печі до 1150 °С; витримка упродовж 9 годин і наступне охолодження на повітрі.

Після завершення охолодження відбирали проби металізованого продукту та оцінювали міру відновлення його поверхневих і внутрішніх шарів залежно від діаметра реакційної капсули. Через однакові умови нагрівання реакційних капсул різного діаметра температура поверхневих шарів шихти на момент завершення теплової обробки складала 1130...1140 °С, тобто в цій зоні зафіксовано практично однакову міру відновлення металізованого продукту (85...87 %). Проте, зі збільшенням діаметра реакційної капсули від 150 до 500 мм спостерігали зростання перепаду температури за її перерізом від 30 до 280 °С. Як наслідок, спостерігали недостатнє нагрівання внутрішніх шарів шихти та зниження міри відновлення окалини на осі реакційної капсули від 83 % (діаметр – 150 мм), до 80 % (діаметр – 300 мм) і до 35 % (діаметр – 500 мм). Тому реакційна капсула діаметром 300 мм є раціональним варіантом, що забезпечує як достатню продуктивність печі, так і високу міру відновлення окалини.

Згідно з результатами проведених досліджень було запропоновано конструкцію реакційної капсули для металізації окалини в полум'яній нагрівальній печі. Вона є циліндровою обечайкою діаметром 300 і довжиною 1700 мм із привареними донними частинами, забезпеченими патрубками, що відводять газу. Обсяг між донними частинами та

завантаженою шихтою заповнювали вуглецевим сипким захисним шаром. Наявність патрубків, що відводять гази, та захисного шару забезпечує відновлення шихти в реакційній капсулі за вільним видаленням газоподібних продуктів реакції, а також запобігає доступу окислювального середовища до металізованого продукту. Застосування таких реакційних капсулів дозволяє одержувати металізований продукт із середньою мірою відновлення 80 %. Використання одержаного продукту в складі шихти під час виплавлення швидкорізальної сталі зафіксувало практично повне його засвоєння та значну міру відновлення окалини (з урахуванням додаткового відновлення у рідкій фазі), яка складає 94 %.

#### Висновки

Розроблено та випробувано за умов полум'яних нагрівальних печей оптимальне співвідношення компонентів шихти, раціональний режим металізації окалини швидкорізальної сталі, а також конструкцію реакційної капсули. Показано високу міру утилізації легуючих елементів із вторинної сировини під час використання одержаного металізованого продукту у складі шихти для виплавлення швидкорізальної сталі.

#### Список літератури

1. Тайц Н. Ю. Технология нагрева стали / Н. Ю. Тайц. – М. : Metallurgiya, 1962. – 567 с.
2. Губинский В. И. Направления совершенствования печной техники и теплоэнергетических установок на металлургических предприятиях / В. И. Губинский, Р. Г. Хейфец // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2000. – № 2 (197). – С. 93–97.
3. Острик П. Н. Металлургия губчатых и порошковых лигатур / П. Н. Острик, М. М. Гасик, В. Д. Пирог. – К. : Техніка, 1992. – 128 с.
4. Ревун М. П. Интенсификация работы нагревательных печей / М. П. Ревун, В. И. Гранковский, А. Н. Байбуз. – К. : Техніка, 1987. – 136 с.
5. Тепловая обработка мелкодисперсных отходов быстрорежущих сталей / [М. П. Ревун, С. М. Григорьев, Ю. Н. Каюков и др.] // Известия Вузов. Черная металлургия. – 1991. – № 10. – С. 86–88.

*Одержано 10.07.2013*

© Д-р техн. наук М. П. Ревун, Ю. М. Каюков, В. І. Іванов, канд. техн. наук О. І. Чепрасов

Державна інженерна академія, м. Запоріжжя

**Revun M., Kayukov Yu., Ivanov V., Cheprasov O. Optimization of parameters for technology of high-speed steels dross metallization in heater furnaces**

---