

Збільшення числа незалежних пружних сталих у випадку ортотропного матеріалу однієї частин перетину значно зменшує вплив параметра жорсткості на значення ПЛО. Так, локальна концентрація напружень при сполученні склопластиків з ізотропними матеріалами не виникає для більшості розглянутих сполучень матеріалів. Значення ПЛО, менше одиниці, з'являється лише при дуже великих значеннях параметра жорсткості ( $r_{21} \geq 16$ ). При аналізі сполучень акустичних кристалів з ізотропними матеріалами, значення параметра  $r_{21}$  надає значно більший вплив на ПЛО, однак цей вплив не є визначальним. Так для St-ніобіт Ва-Na-St  $r_{21} = 1.066$ ,  $\alpha = 0.994 < 1$ , але для деяких сполучень матеріалів з більшим значенням  $r_{21}$  маємо значення  $\alpha = 1$ .

Таким чином, дослідження ПЛО дозволяє прогнозувати інтенсивність локальної концентрації напружень в небезпечних зонах перетину, що дозволяє вже на стадії проектування дати рекомендації по оптимальному підбору сполучення матеріалів.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Белоконь А. В. Об одном методе решения задач теории упругости для тел конечных размеров / А. В. Белоконь // Докл. АН СССР. – 1977. – Т. 233. – № 1. – С. 56–59.
2. Вовк Л. П. Динамические задачи для тел сложной структуры / Л. П. Вовк. – Ростов-на-Дону : Ростовский гос. строит. ун-т, 2003. – 169 с.
3. Гринченко В. Т. Гармонические колебания и волны в упругих телах / В. Т. Гринченко, В. В. Мелешко. – Киев : Наук. думка, 1981. – 283 с.
4. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела / С. Г. Лехницкий. – М. : Наука, 1977. – 416 с.
5. Акустические кристаллы / А. А. Блистанов, В. С. Бондаренко, В. В. Чкалов и др. / Под ред. М. П. Шаскольской. – М. : Наука, 1982. – 632 с.

## ЕКСПЕРТНА ОЦЕНКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАСПЛАВОВ СИСТЕМЫ «МЕТАЛЛ-ШЛАК» В ГОРНЕ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Тогобицкая Д. Н., Белькова А. И., Скачко А. С., Степаненко Д. А., Цюпа Н. А.  
ИЧМ им. З. И. Некрасова НАН Украины, г. Днепр

В современных условиях совершенствование способов управления качеством чугуна связано с развитием и разработкой новых подходов к термодинамическому описанию процессов формирования и взаимодействия расплавов системы «чугун-шлак» в горне доменной печи.

Опыт внедрения разработанной в Институте черной металлургии автоматизированной системы контроля и управления шлаковым режимом доменной плавки (система «Шлак») в условиях заводов Украины показал необходимость развития методики моделирования процессов взаимодействия формируемых в горне доменной печи расплавов с целью повышения точности прогнозирования и контроля их химических составов в сложившихся сырьевых и технологических условиях.

Система контроля и управления шлаковым режимом «Шлак» создана на базе фундаментальных разработок в области физико-химического моделирования расплавов и технологических приемов ведения плавки в доменных цехах заводов Украины с целью обеспечения технологов инструментальными средствами для выбора оптимального шлакового режима доменной плавки, обеспечивающего получение кондиционного чугуна с минимальными энергетическими и сырьевыми затратами.

В системе «Шлак» реализован нетрадиционный подход к решению задач управления качеством чугуна, основанный на прогнозировании состава и свойств продуктов плавки и стабилизации свойств конечного шлака в пределах, обеспечивающих получение чугуна требуемого состава.

Прогнозирование состава и свойств продуктов доменной плавки в системе осуществляется на основе интегральных параметров, характеризующих состав и свойства компонентов загружаемой шихты и дутьевого режима. Коэффициенты распределения элементов между чугуном и шлаком не постулируются, а определяются в зависимости от конкретных сырьевых и технологических условий работы печи.

Одной из составных частей системы является подсистема диагностики и выработки управляющих воздействий по корректировке составляющих шихты или показателей дутьевого режима в соответствии с направленным формированием составов и свойств расплавов в горне доменной печи.

Опыт внедрения системы «Шлак» в АСУТП доменных печей ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и ОАО «Запорожсталь» [1] показал необходимость уточнения прогнозных моделей межфазного распределения элементов между чугуном и шлаком в изменившихся базовых режимах плавки. В частности, разработанные ранее прогнозныe модели для расчета коэффициентов распределения серы и кремния, зависящие от параметров загружаемой шихты и показателей дутьевого режима, должны проверяться на условие согласованного изменения их составов, устанавливаемого в процессе их физико-химического взаимодействия.

Полученные в ходе исследований аналитические зависимости для описания условия согласования металлического и шлакового расплавов реализованы в алгоритме подсистемы «Диагностика» для оценки технологической ситуации и выдачи конкретных рекомендаций в режиме советчика мастеру.

Для решения указанной задачи использованы разработанные зависимости типа  $Z^Y = f(\rho, \Delta e)$  и  $Z^Y_{\text{ч}}/Z^Y_{\text{ш}} = f(\rho, \Delta e)$ , где  $\rho$  – показатель стехиометрии шлакового расплава, параметры  $\Delta e$  и  $Z^Y$  – химический эквивалент состава соответственно шлака и чугуна [2]. По рассчитанным (прогнозным) составам чугуна и шлака определяются их интегральные характеристики  $Z^Y_{\text{ч}}$  (для чугуна) и  $\rho, \Delta e, Z^Y_{\text{ш}}$  (для шлака), а также определяется  $Z^Y_{\text{сог}}$  по уравнению, характеризующему условие согласования расплавов типа  $Z^Y = f(\rho, \Delta e)$  или  $Z^Y_{\text{ч}}/Z^Y_{\text{ш}} = f(\rho, \Delta e)$ . Затем прогнозное значение  $Z^Y_{\text{прог}}$  сравнивается с расчетным  $Z^Y_{\text{сог}} \pm \Delta Z^Y_{\text{сог}}$ , т. е. значение  $Z^Y_{\text{прог}}$  должно находиться в допустимом интервале, где  $\Delta Z^Y_{\text{сог}}$  среднеквадратичное отклонение  $Z^Y_{\text{сог}}$  по уравнению:  $Z^Y = f(\square)$ .

В случае невыполнения условия:  $Z_{\text{прог}}^Y \in [Z_{\text{сог}}^Y \pm \Delta Z_{\text{сог}}^Y]$  в системе будет выдано сообщение, о том, что прогнозные модели коэффициентов распределения элементов требует уточнения, идентификация параметров которых обеспечивается по данным ретроспективных текущих плавков.

Разработанные модели соотношений и критериев программно реализованы в системе управления шлаковым режимом доменной плавки «Шлак». Полученные зависимости с приемлемой для практического использования точностью прогноза повышают адекватность разработанных моделей для описания процессов взаимодействия расплавов в горне доменной печи, что в конечном итоге повышает эффективность управляющих решений при выплавке чугуна требуемого состава.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Опыт создания и внедрения системы контроля и управления шлаковым режимом доменной плавки в шихтовых и технологических условиях заводов Украины / Д. Н. Тогобицкая, А. И. Белькова, А. Ф. Хамхотько, Д. А. Степаненко // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии : сб. научн. тр. ИЧМ. – Днепропетровск, 2009. – Вып. 19. – С. 100–112.*

2. *Система термодинамических соотношений для описания процессов взаимодействия расплавов в горне доменной печи на основе параметров межзатомного взаимодействия / А. И. Белькова, А. С. Скачко, Л. А. Сафина-Валуева, А. Ю. Гринько // Математичне моделювання. – 2015. – № 1(32). – С. 61–65.*

## ОПТИМІЗАЦІЯ ГРАФІКУ ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОКАРІВ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

**Чухланцев А. І.**

*НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*

Перехід на екологічно чисті транспортні технології виступає найважливішим інструментом для вирішення проблеми поліпшення глобальної екологічної ситуації, адже зараз на частку транспортної галузі припадає близько 1/3 всіх викидів парникових газів. Розвиток ринку електромобілів сприятливо вплине на екологію, дозволить знизити залежність від нафти, розширить можливості для виробництва і збуту високотехнологічної продукції.

Активне використання електротранспорту неможливо без розвитку зарядної інфраструктури, яка також повинна бути економічно і енергетично ефективною, здатною органічно вбудовуватися в існуючі та перспективні енергетичні системи. При цьому масове використання електромобілів призведе до зростання сумарного енергоспоживання, що потребує зведення нових електрогенеруючих потужностей. З огляду на очікувану ступінь проникнення електромобілів в транспортну галузь України, актуальним питанням стає дослідження впливу зарядної інфраструктури для електротранспорту на мережеву інфраструктуру і якість енергопостачання споживачів.