

402 МПа після імпульсного лазерного нагрівання можна пояснити високим рівнем напружень, що виникають на міжфазних границях, де спостерігається когерентний зв'язок між атомами твердого розчину і частинками зміцнюючих фаз.

Висновки.

1. Після пічних нагрівів у структурі лазерно-борованих шарів сталі 45 відбуваються процеси коагуляції надлишкових фаз за рахунок розчинення більш дрібних і зростання більш крупних часток боридів і боридоцементиту.
2. При імпульсному лазерному нагріванні лазерно-борованих шарів сталі 45 при $T_{\text{нагр}} < T_{\text{пл}}$ відбуваються процеси, схожі з процесами старіння, які супроводжуються виділенням бору і вуглецю з кристалічної ґратки перенасиченого α -твердого розчину з утворенням частинок зміцнюючих фаз.
3. Після нагрівання в печі боридні шари зберігають високі міцнісні характеристики до $T=800-900^{\circ}\text{C}$, що дозволить застосовувати лазерне насичення бором для підвищення зносостійкості виробів, які працюють при високих температурах.
4. Після імпульсного лазерного нагрівання мікротвердість підвищується до 2419 МПа. Додаткове зміцнення лазерно-борованої сталі 45 за рахунок зниження пластичності можна використовувати для деталей, що підлягають високому статичному навантаженню при ударній дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лысенко А.Б. Влияние технологических факторов на состав, строение и свойства зоны лазерной химико-термической обработки / А.Б.Лысенко, Н.Н.Козина // Физика и химия обработки материалов. – 2001. – №2. – С.25-30.
2. Банних О.А. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа / Банних О.А., Будберг П.Б., Алисова С.П. – М.: Металлургия, 1986. – 440с.
3. Ведёнов А.А. Физические процессы при лазерной обработке материалов / А.А.Ведёнов, Г.Г.Гладуш. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 208с.
4. Семененко В.Е. Влияние условий затвердевания на структуру боридных слоев никеля / В.Е.Семененко, Т.Л.Коваленко, М.В.Третьяков // Вісник Харківського університету. – 2004. – № 619. – С.115-118.
5. Сизов И.Г. Оценка хрупкости боридных слоев после электронно-лучевого борирования / Сизов И.Г. // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 11 – С.77-78.

Надійшла до редколегії 06.12.2011.

УДК 669.187.004.18

ЯШИНА К.В., к.т.н., ст. преподаватель
САДОВОЙ А.В., д.т.н., профессор

Днепродзержинский государственный технический университет

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Введение. Одной из особенностей современного мирового рынка стали является рост объемов продукции, выплавляемой в дуговых сталеплавильных печах (ДСП) переменного тока. При этом ДСП остаются одними из наиболее энергоемких агрегатов, применяемых в черной металлургии, что в свою очередь приводит к задачам снижения энергопотребления дуговых печей. На сегодняшний день существует два основных

способа решения энергетической проблемы ДСП: применение печей новых конструкций и модернизация существующих дуговых сталеплавильных печей [1]. При этом экономически целесообразной следует признать модернизацию ДСП путем создания современной системы управления, базирующейся на эффективном законе управления.

Постановка задачи. Ввиду множественных дестабилизирующих факторов (обвалы шихты, обрыв электрических дуг), которыми характеризуется выплавка стали в ДСП, и невозможности точного мониторинга основных параметров плавки (температура дуг, шихты, расплава, шлака, состав расплава и шлака) с помощью измерительных приборов задачей исследования является разработка закона управления выплавкой стали в ДСП на основе моделирования процессов, происходящих в рабочем пространстве печи.

Результаты работы. Авторами статьи впервые разработана комплексная модель электрических, тепловых и химических процессов, протекающих в дуговых электроплавильных печах переменного тока [1-4]. Применение такой модели позволяет в каждый момент плавки получить информацию об основных характеристиках процесса: активной мощности, подаваемой в печь каждым электродом, температуре (теплоемкости, температуропроводности и т.д.) шихты, расплава, шлака, печной атмосферы в любом месте рабочего пространства печи, составе расплава, шлака, печной атмосферы, количестве тепла, поглощаемого либо выделяемого в результате химических превращений, наблюдаемых в ДСП. Адекватность созданной модели подтверждена сравнением результатов, полученных с ее помощью, с данными проводимых ранее исследований и экспериментов, протоколами реальных плавки печи ДСП-3 Белорусского металлургического завода.

Использование разработанной модели позволяет в каждый момент плавки рассчитать близкие к реальным материальным и энергетическим балансам печи, с помощью которых может быть определено значение активной мощности, подаваемой в печь каждым электродом в конкретный момент плавки, обеспечивающее эффективный нагрев шихты, протекание химических реакций восстановления железа, шлакообразования и минимизацию тепловых потерь с уходящими печными газами, через стены и свод печи.

Достоверно известно, что при фиксированной ступени напряжения активная мощность, подаваемая в печь каждой фазой (P_i), является функцией длины дуги этой фазы (l_i) [5]. Авторами статьи впервые получена линеаризованная зависимость P_i от l_i . Эта зависимость эффективно применима при синтезе системы управления перемещением электродов ДСП, обеспечивающей достижение заданной траектории изменения активной мощности, подаваемой в печь. Высокая точность разработанной системы управления проверена с помощью электромеханической модели дуговой сталеплавильной печи переменного тока.

Для проверки целесообразности применения созданного закона управления рассмотрим данные о затратах энергии, составе расплава и печного шлака при проведении плавки по типовым энерготехнологическим диаграммам ДСП-3 Белорусского металлургического завода и при проведении плавки по диаграммам, полученным с помощью разработанного закона управления (табл.1-3). При этом сравнительные диаграммы различных энерготехнологических режимов представлены на рис.1, а-в.

Таблица 1 – Данные о затратах энергии на проведение плавки

Затраты энергии на проведение плавки (МДж)							
Выплавки кордовой стали (16% скрап и 84% металлизированных окатышей)		Выплавки кордовой стали (61,5% скрап и 38,5% металлизированных окатышей)		Выплавки кордовой стали с использованием 100% лома		Выплавки кордовой стали с использованием 100% лома (завалка + две подвалки)	
Типовая диаграмма	Расчет	Типовая диаграмма	Расчет	Типовая диаграмма	Расчет	Типовая диаграмма	Расчет
225840	195976	191050	155441	184620	159400	149143	129820

Таблица 2 – Содержание FeO , CaO , SiO_2 в шлаке

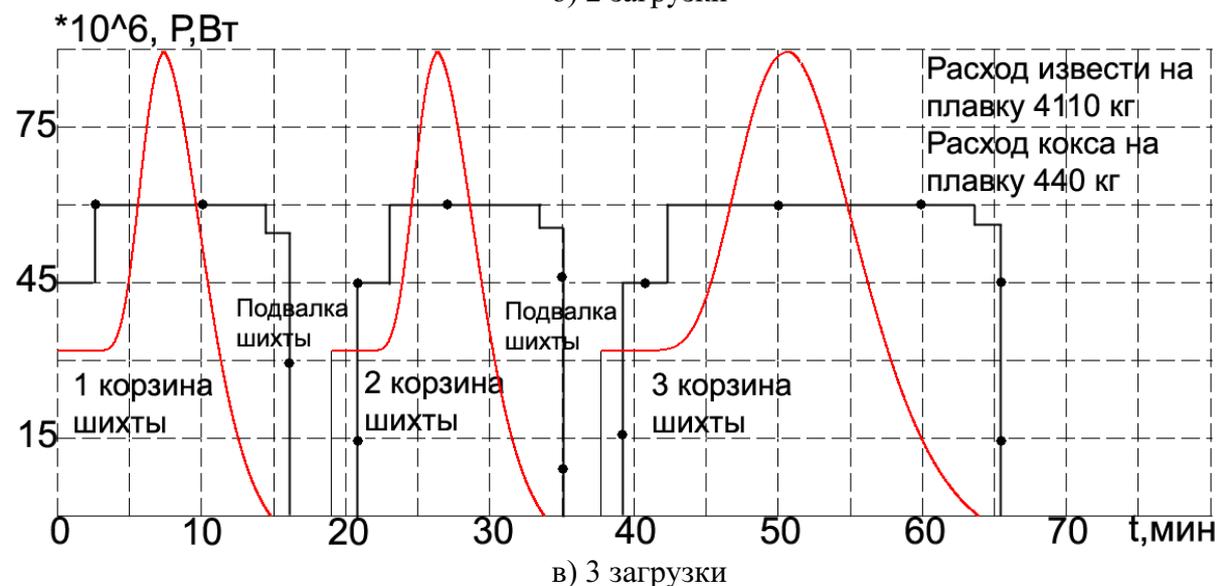
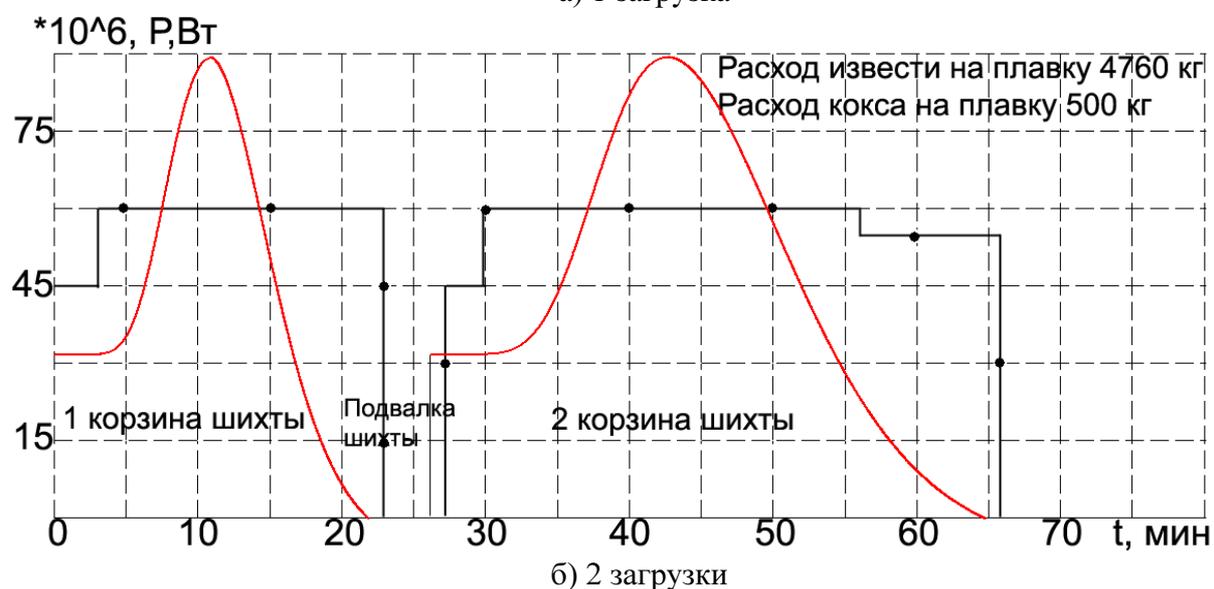
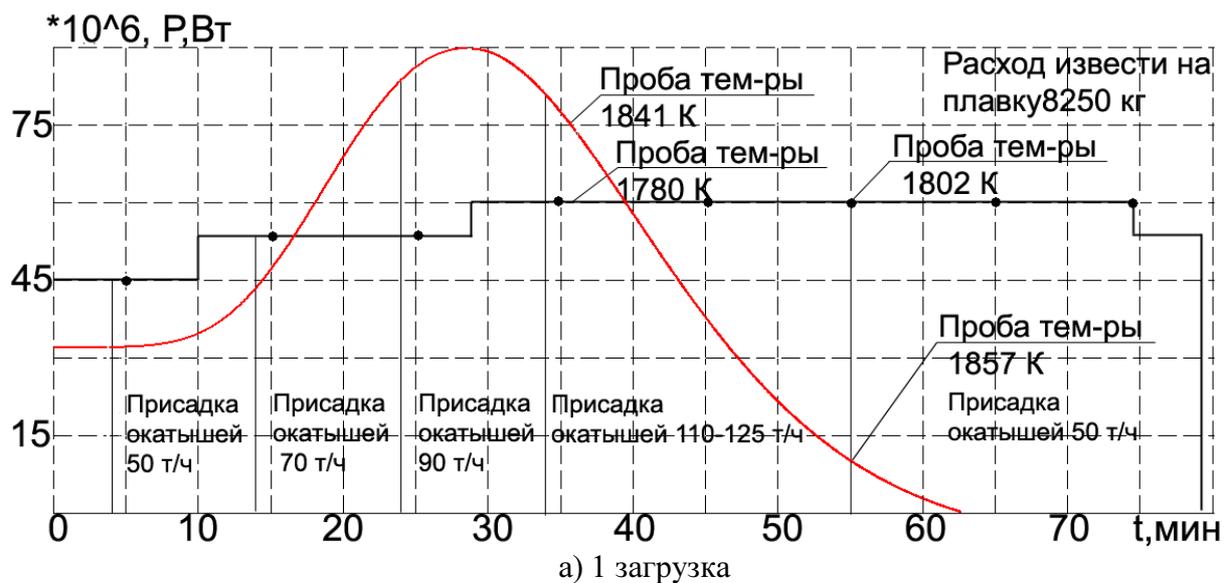
Химические соединения (элементы)	Содержание, % (протоколы плавки)			Содержание, % (расчет)		
	1	2	3	1	2	3
FeO	12,79	13,76	10,16	10,23	14,02	11,67
CaO	43,25	40,7	41,17	44,1	36,95	40,9
SiO_2	24,05	22,18	23,58	22,43	21,91	24,78

Таблица 3 – Содержание Fe , C , Si в расплаве

Химические соединения (элементы)	Содержание, % (протоколы плавки)			Содержание, % (расчет)		
	1	2	3	1	2	3
Fe	97,2	97,4	96,43	95,99	96,96	97,02
C	2,25	2,21	3,007	2,14	2,93	2,97
Si	0,15	0,123	0,09	0,18	0,18	0,08

При программной реализации разработанного способа управления выплавкой стали в ДСП использованы основные принципы конструирования программных продуктов: планирование, рефакторинг, механизм утверждений и исключений, методы анализа данных [7].

Выводы. Таким образом, из данных табл.1-3 следует, что закон управления мощностью дуговой сталеплавильной печи переменного тока, основанный на комплексном исследовании электрических, тепловых и химических процессов, происходя-



- расчет; • типовая диаграмма

Рисунок 1 – Сравнение энерготехнологических диаграмм выплавки стали

щих в робочем просторі ДСП в період плавки, ефективно применим при різних технологіях виплавки сталі і забезпечує економію енергії на 13-14% при збереженні якості виплавленої продукції.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А.Н. Современные тенденции развития процессов производства и разливки стали / А.Н.Смирнов // Металл и литье Украины. – 2006. – № 1. – С.7-11.
2. Яшина К.В. Исследование влияния электрических параметров дуговых сталеплавильных печей на режим их тепловой работы / А.В.Садовой, К.В.Яшина // Вісник НУ «ЛП» «Електроенергетичні та електромеханічні системи». – 2009. – № 654. – С.192-199.
3. Яшина К.В. Исследование электрических процессов в дуговых электросталеплавильных печах / А.В.Садовой, К.В.Яшина // Научный вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. – 2009. – № 1 (4Е). – С.156-164.
4. Яшина К.В. Комплексная модель тепловых процессов, происходящих в дуговых электросталеплавильных печах / К.В.Яшина, А.В.Садовой // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2009. – №2 (24). – С.26-33.
5. Яшина К.В. Алгоритм расчета интенсивности химических реакций в дуговых электросталеплавильных печах / К.В.Яшина, А.В.Садовой // Сборник научных трудов Днепропетровского государственного технического университета. – Днепропетровск: ДГТУ. – 2010. – №1 (14). – С.20-25.
6. Воскобойников В.Г. Общая металлургия: учебник для вузов / Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. – М.: ИКЦ Академкнига, 2005. – 768с.
7. Макконнелл С. Совершенный код: практическое руководство по разработке программного обеспечения / Макконнелл С. – Питер, 2005. – 893с.

Поступила в редколлегию 23.03.2012.

УДК 612.791

НОСОВ Д.Г., к.т.н., доцент
ПЕРЕМІТЬКО В.В., к.т.н., доцент
ГУСЯТИНСЬКА В.С., магістр

Дніпропетровський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАГНІТНИХ ПОЛІВ НА КОЕФІЦІЄНТ РОЗПЛАВЛЕННЯ ДРОТУ ПРИ ЕЛЕКТРОДУГОВОМУ НАПЛАВЛЕННІ ПІД ФЛЮСОМ (ЧАСТИНА I)

Вступ. При електродуговому зварюванні та наплавленні плавким електродом зварювальна дуга є джерелом нагріву. Ефективність розплавлення основного і електродного металів залежить не тільки від їх теплофізичних характеристик, енергетичних характеристик зварювальної дуги, а також і від наявності сторонніх електромагнітних впливів на дугу та зварювальну ванну.

Постановка задачі. Підвищити продуктивність розплавлення електродного дроту можна шляхом керування характером переносу розплавленого металу (подрібненням крапель електродного металу) при дії зовнішніх магнітних полів [1], тому визначення оптимальних режимів дугового наплавлення під флюсом з використанням зовнішнього електромагнітного впливу для вирішення поставленої задачі є актуальним.