

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИЧНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Т.И. Овчинникова, С.О. Ефимов (МИСиС),  
С.А. Власов (ОИТВС РАН), А.Л. Генкин (ИПУ РАН)

*Рассмотрена актуальная проблема применения информационных и компьютерных технологий для автоматизации и улучшения энерго-экологических показателей современного металлургического производства. На примере комплекса "сталь-прокат" показана возможность использования имитационного моделирования для решения указанной проблемы.*

Основная тенденция развития мировой черной металлургии в настоящее время заключается в решении задач своеобразной триады "Энергия, экология, экономика", возникших в конце 90-х гг. в связи с обострением ситуации с энергоресурсами и экологией промышленных зон [1]. Как следствие, наблюдается все большее внимание управленцев (менеджеров) разного уровня к вопросам энергосбережения и экологической безопасности (экологичности) металлургических процессов. Соответственно использование для этих целей средств компьютерных и информационных технологий становится все более значительным.

Определяется это двумя обстоятельствами. Во-первых, сами современные компьютерные средства и АСУ, построенные на их основе, способны решать указанные задачи, если они задаются специальными критериями их функционирования. Во-вторых, разрабатываются и начинают предлагаться для внедрения в производство различные новые ТП, установки, агрегаты и комплексы, способствующие решению задач энергосбережения и экологичности, эксплуатация которых невозможна без применения новых компьютерных и информационных технологий и средств их реализации.

Возникло понятие энерго-экологического качества производства, к повышению которого стремятся разработчики ТП, технологического оборудования, систем управления и менеджеры разных уровней, отвечающие за бизнес-процессы в отрасли и на конкретных предприятиях.

Стремительный рост цен на энергоресурсы в последние два года вынуждает рассматривать энергосбережение как мощный резерв повышения конкурентоспособности металлургических заводов и производимой ими металлопродукции. Расчеты показывают, что экономия единицы энергии на конечной стадии ее потребления обеспечивает экономию 3...4 и более единиц первичного энергоресурса, а капитальные вложения в энергосберегающие мероприятия в 2...3 раза меньше капиталовложений в производство эквивалентного количества энергоресурсов. Таким образом, проблема энергосбережения является комплексной, связанной с решением социальных, экономических, технологических и экологических вопросов.

В большинстве современных исследований выделяют пять основных направлений экономии энергии: применение новых и коренное совершенствование существующих ТП; использование более совершенного оборудования; улучшение организации эксплуатации энергетического хозяйства; повышение качества энер-

гии и топлива; использование вторичных горючих и энергетических ресурсов, что одновременно улучшает и показатели экологичности производства.

Во многих отечественных и зарубежных работах по энергосбережению в металлургии перечисляются как первостепенные лишь технические причины перерасхода энергии. Например, использование устаревших высокоэнергетозатратных технологий; недостаточная степень использования вторичных топливных и энергетических ресурсов; низкий уровень автоматизации ТП и применения современных теплоизоляционных материалов и др.

В России также выделяют в качестве главных причин низкой результативности работ по энергосбережению: неудовлетворительное состояние системы учета расхода топлива и энергии; отсутствие научно обоснованной системы нормирования расхода энергоресурсов для всей цепочки технических и административно-хозяйственных единиц (агрегат-участок-отделение-цех-предприятие-фирма-отрасль и т.д.).

Применительно к современному состоянию металлургической отрасли в России общетехнические разработки и рекомендации можно расширить, учитывая как специфику производства металла, так и влияние существующих кризисных явлений в экономике и обществе [2]. Во-первых, на металлургическом предприятии полного цикла технологические потоки жидкого металла, горячих слитков, агломерата и др. являются одновременно и мощными энергетическими потоками. Энергетика и технология производства металла неразделимы — это комплекс. Во-вторых, в период кризиса роль управления и организации производства существенно возрастает. При стабильной экономике эффект энергосбережения от повышения уровня управления оценен различными экспертами в 5...30%, а в настоящее время в условиях России около 75% перерасхода энергии на производство металла вызвано возникшими сложностями управления производством.

В рамках данной работы ограничимся технологическими переделами производства стали и прокатной продукции и системами автоматизации для них, предназначенными, в первую очередь, для улучшения энерго-экологических показателей.

Основными способами производства стали за рубежом уже в течение длительного периода являются кислородно-конвертерный и электросталеплавильный. В настоящее время в конвертерах выплавляется более 2/3 всей стали, производимой за рубежом. Конвертерный способ — наиболее стабильный и стандартизованный метод выплавки стали, большинство операций в кото-

ром автоматизировано. Это не означает, однако, отсутствия задач, которые еще требуют своего решения. Расширяется применение дуговых печей для выплавки стали, связанное с интенсивным строительством мини-заводов. Считают, что этот способ в ближайшем будущем будет существовать параллельно с конвертерным, который сохранится на заводах полного цикла. Доля электростали в мировом производстве составляет около 30%.

Развитие названных способов производства стали идет в направлении сокращения простоев (длительности отключения печи на время выпуска, торкретирования футеровки, завалки шихты и т.д.); сокращения общего потребления энергии, зависящего от температуры и состава шихты, температуры выпуска и т.д., а также увеличения подачи энергии, которое сокращает активное время работы печи и, следовательно, тепловые потери. В этом значительную роль играют компьютерные средства управления и специальные модели для управления ТП [3].

В качестве примера можно упомянуть о модернизации электросталеплавильного цеха на заводе "Гамбургер штальверке" (ФРГ), где три печи емкостью по 85 т заменили одной, модернизированной и снабженной компьютерной системой управления, и автоматизированным агрегатом ковш-печь для быстрой коррекции химического состава и легирования стали. Здесь выпускается до 25 плавков в сутки массой до 115 т.

Другой пример усовершенствованной и экологичной технологии — это проекты фирмы BADISCHE STAHL-ENGINEERING (BSE, ФРГ), которые интересны не только техническими решениями, но и применением компьютерных динамических моделей ТП как для управления, так и для имитации и оптимизации процессов вентиляции и содержания в выбросах диоксида и других вредных элементов.

Разливка стали осуществляется в основном с использованием непрерывного способа, доля которого в мире превышает 70%. Для способов и технологий непрерывной разливки роль средств автоматизации, компьютерных и информационных систем все больше возрастают. Покажем, как это реализуется, например, в предлагаемой фирмой "Шлеманн Зимаг" технологии использования тонких слябов, получившей название CSP-технологии, исключая промежуточное складирование, зачистку и нагрев слябов перед их обработкой на прокатном стане. CSP-процесс применяют для производства горячекатаного листа толщиной до 1 мм,

который может затем непосредственно обрабатываться на станах холодной прокатки.

Успех CSP-технологии специалисты "Шлеманн Зимаг" объясняют тем, что при разработке всех ее компонентов в единой системе рассматриваются проблемы экологичности, технологии, организации и автоматизации производства рис. 1. Из схемы следует непреложное правило, которого придерживались разработчики CSP-процессов: двуединство задач конструирования оборудования и средств его автоматизации.

Автоматизация при этом понимается в широком смысле как один из компонентов, обеспечивающих конечную цель создаваемого процесса (рис. 2).

Специалисты по автоматизации фирмы "Шлеманн Зимаг" комментируют эти иллюстрации: "Мы стараемся обеспечить наших заказчиков гидравлическим, механическим и другим необходимым оборудованием, а также технологией и автоматизацией из одного источника. При этом учитываются собственные знания и эксплуатационный

опыт и "ноу-хау" заказчиков. Автоматизированные системы создаются в соответствии с единой методологией, для проектирования и инжиниринга используются БД, где содержатся данные обо всех сигналах, параметрах, уравнениях, передаточных функциях, датчиках, измерительных приборах, средствах связи и т.д., необходимых для построения автоматизированной системы. Для инжиниринга ПО и программирования моделей процессов используются современные инструменты CASE-технологий, языки программирования, ОС и БД. Модели

строятся в версиях off-line и on-line на единой физико-математической основе. On-line модели необходимы для анализа производительности и качества производственных процессов. Off-line модели используются для оптимизации прохождения заказов по заводу, для управления

запасами, установления параметров, которые затем используют модели, работающие в режиме on-line".

Инструментом для разработки и анализа всех алгоритмических, программных, информационных компонентов автоматизированных систем завода, реализующего CSP-технологии, является имитационная система, разработанная также специалистами фирмы "Шлеманн Зимаг".

Таким образом, во многом благодаря высокой степени автоматизации и использованию информационных технологий, CSP-процесс имеет перспективы на внедрение в 70% производств горячекатаного проката, ис-

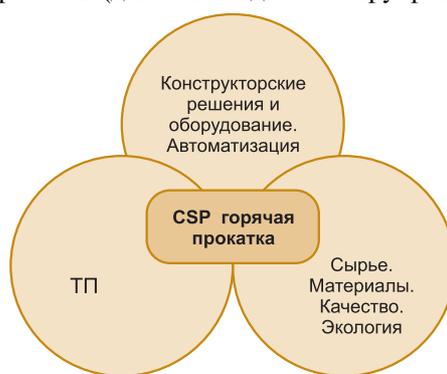


Рис. 1. Схема реализации системного подхода к разработке CSP-технологии



Рис. 2. Источники и компоненты достижения целей CSP-технологии

*С точки зрения экологии,  
лучше журавль в небе, чем синица в руках...*

Экологический закон Хайме Перришца

пользующего тонкослябовые машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), обеспечивая следующие показатели: высокую производительность до 2,5 млн. т/год; низкое потребление энергии и воды; меньшие выбросы CO<sub>2</sub>, пыли; уменьшение шума; уменьшение капитальных и эксплуатационных расходов.

В распоряжение российских разработчиков проектов металлургических комплексов и автоматизированных систем может быть представлена аналогичная имитационная система – СУЭТ (Система Управления Энергосберегающей Технологией), функционирующая на основе комплекса программ имитационного моделирования, разработанного в Институте проблем управления в конце 80-х гг. и постоянно совершенствующегося [4]. Эта имитационная система охватывает участки металлургического производства от выплавки и разлива стали до прокатки на листовых и сортовых станах. В [5] описаны некоторые конкретные результаты ее применения, в том числе и с целью решения задач энергосбережения и обеспечения экологичности производства.

Рассматривая листопрокатный комплекс как объект управления организационно-технологической системой, можно выделить следующие основные участки обработки металла в технологической линии нагрев "слябов – горячая прокатка полос": 1) нагревательные печи; 2) черновая группа клетей; промежуточный рольганг; 3) чистовая группа клетей. Параметрами, координирующими функционирование этих участков, являются температура и толщина: 1)  $T_{cl}$  и  $H_{cl}$  – сляба на выходе из печного участка; 2)  $T_n$  и  $H_n$  – подката на выходе черновой группы клетей; 3)  $T_c$  и  $H_c$  – подката на выходе промежуточного рольганга (на входе в чистовую группу клетей).

Управление каждым из рассмотренных участков осуществляется с помощью соответствующей автоматизированной системы. Целью создания энергосберегающей системы управления температурно-деформационным режимом в широкополосном стане горячей прокатки является исходная настройка отдельных подсистем в соответствии с выбранным критерием оптимальности и их координация в зависимости от сложившейся производственной ситуации.

Основным фактором, определяющим непроизводительные затраты в производстве горячекатаного листа, являются тепловые потери на всех стадиях нагрева и прокатки металла. Известные методы снижения тепловых потерь при производстве горячекатаного листа можно классифицировать по двум направлениям: ме-

тоды, обеспечивающие снижение тепловых потерь за счет дополнительного оборудования; методы, позволяющие управлять температурой металла за счет оптимизации температурно-деформационного режима прокатки. Как показал анализ, эффективность этих методов примерно одинакова, однако капитальные затраты для реализации методов второго направления существенно ниже, в связи с чем они являются более предпочтительными.

Система СУЭТ позволяет выбрать из всех возможных мероприятий и алгоритмов оптимизации технико-экономических показателей широкополосных станов наиболее подходящие варианты по одному из критериев:

- максимальная производительность стана. Реализация этого критерия требует четкой координации пропускной способности различных звеньев технологической линии (нагревательных печей, черновой и чистовой групп клетей);

- минимальный расход топлива в печах обеспечивает оптимальный режим нагрева металла при заданной  $T_{cl}$ ;

- минимальный расход электроэнергии в главных приводах прокатных клетей. Критерий используется при невозможности изменения температуры нагрева металла или в иных специфических ситуациях;

- минимальные суммарные затраты на нагрев и прокатку металла включают затраты на топливо в печах при нагреве слябов перед прокаткой и на электроэнергию в главных приводах прокатных клетей с учетом дополнительных потерь металла при его нагреве.

В настоящее время рассматривается возможность применения принципов, заложенных в эту систему, для процессов, совмещающих непрерывную разливку с прокаткой в одном процессе. Однако отсутствие экспериментальных данных по такому процессу на заводах и в лабораториях России сдерживает разработку указанной системы. В этом смысле было бы полезно найти возможности для международного сотрудничества, которое позволило бы в дальнейшем доработать систему СУЭТ для использования в производственных комплексах, аналогичных комплексам с CSP-процессом, являющимся наиболее передовым по своим научно-техническим показателям экологичности.

#### Список литературы

1. Поляков В. Три слагаемых прогресса: энергия, экология, экономия (основные тенденции развития черной металлургии) // Металлы Евразии. 1998. №1.
2. Власов С.А., Генкин А.Л., Волочек Н.Г. Как решать актуальные проблемы автоматизации металлургических предприятий России // Промышленность России. 2000. №1.
3. Смирнов В.С., Власов С.А., Ваулинский Е.С., Лебедев Б.И. Методы и модели управления проектами в металлургии. М.: СИНТЕГ. 2001.

*Овчинникова Татьяна Игоревна – канд. техн. наук, доцент, Ефимов Сергей Олегович – аспирант Московского института стали и сплавов, Власов Станислав Александрович – канд. техн. наук, ученый секретарь Отделения информационных технологий и вычислительных систем РАН,*

*Генкин Аркадий Львович – канд. техн. наук, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН. Контактные телефоны: (095) 938-18-91, 995-01-18, 334-87-59. E-mail: tatianka21@mtu-net.ru, savlas@yandex.ru, genfone@ipu.rssi.ru*