

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Развитие современного общества характеризуется подъемом технического уровня, усложнением организационной структуры управления производством, что в конечном итоге позволяет успешно преодолевать постоянно возрастающие требования потребителей к повышению качества выпускаемой металлургической продукции, снижению ее себестоимости.

Среди конкретных практических задач металлургической промышленности, требующих срочного решения, следует выделить:

1) оптимальное отраслевое регулирование (прогнозирование развития и размещения предприятий отрасли; оптимизация размеров производства и т. д.);

2) ассортимент выпускаемой продукции (определение оптимального плана производства продукции на действующем оборудовании при имеющихся ограничениях на наличные ресурсы);

3) оптимальное управление запасами (определение объемов поставок, периодичности заказов сырья и материалов, наличия и величины страхового запаса для уменьшения издержек хранения запасов и потерь от дефицита);

4) оптимизация промышленных смесей (формирование состава оптимальной шихты);

5) задачи экономии сырьевых и энергетических ресурсов (минимизация топливно- и энергопотребления; снижение окалинообразования и обезуглероживания металла и т. д.);

6) выпуск продукции с заданными свойствами (наиточнейший нагрев – достижение заданной технологической температуры и уменьшение температурного перепада по толщине слитка в момент выгрузки его из печи; получение стали определенного химического состава и т. д.).

Первые три задачи относят к задачам экономического анализа [1], остальные – к задачам технологической оптимизации.

При разработке новых технологических режимов работы промышленного оборудования необходимо ориентироваться на повышение эффективности предлагаемых решений по сравнению с действующими технологиями. Методы оптимального проектирования и управления подтверждают априорный факт объективного существования двух постановок исследуемой задачи: необходимо получить продукцию заданной стоимости с наилучшими свойствами или выпустить продукцию с заданными свойствами, но наименьшей стоимости. Какая-либо другая постановка невозможна. Ввод в задачу технологических ограничений (снижение возникающих температурных напряжений по сечению нагреваемого слитка, нагрев с заданной скоростью) никоим образом не изменяет ее сути.

Зачастую решение одной поставленной проблемы приводит к улучшению некоторых других показателей: наискорейший нагрев металла не только сокращает продолжительность производственного процесса (что ведет к повышению производительности действующего оборудования), но и уменьшает удельный расход топлива; технологические режимы, оптимальные по окислению, являются рациональными по топливопотреблению [2].

Оценить эффективность новых разрабатываемых технологических режимов работы исследуемых систем можно одним из трех способов.

1. Провести промышленные эксперименты на действующем оборудовании. Однако работа технических агрегатов по неоптимальным тепло-технологиям может привести к ощутимому экономическому ущербу для предприятия. Поэтому проведение многовариантных опытных экспериментов в условиях реального производства крайне затруднительно.

2. Отталкиваться от имеющихся данных (результаты промышленных экспериментов, проведенных ранее или в условиях других технологических режимов работы оборудования). Однако в этом случае трудно воспроизвести все факторы и условия, влияющие на результат. Кроме того, следует учитывать случайные возмущения («шум») входных параметров, вносящих свой вклад в динамику исследуемого процесса.

3. Разработать математическую модель рассматриваемого процесса и реализовать ее на ЭВМ. После настройки модели представляется возможным проводить многовариантные компьютерные эксперименты. Анализ результатов подобных расчетов дает возможность выработать рекомендации по повышению эффективности существующих или оценке действенности разрабатываемых технологических режимов.

Таким образом, математическое моделирование представляется нам наиболее приемлемым подходом к решению задач оптимального управления технологическими процессами. Математическое моделирование имеет неоспоримые преимущества: позволяет быстро получить результат решения сформулированной задачи (реальный процесс длится существенно дольше); дает возможность выполнить серию многовариантных численных расчетов (подобное экспериментирование на конкретном промышленном объекте практически невозможно). При построении математической модели следует учитывать главные характеристики исследуемого объекта, пренебрегать его второстепенными свойствами, отделять главные свойства от второстепенных.

Все методы решения задач оптимизации подразделяются на аналитические и численные. Выбор того или иного метода определяется видом и характером целевой функции, наличием и типом накладываемых ограничений. Зависит он также от математического описания самого объекта оптимизации.

Технологический процесс нагрева металла как исследуемый объект представляет собой единую систему, поведение которой описывается ря-

дом параметров. В качестве управляющих параметров подобной системы могут выступать температура поверхности нагреваемого образца, величина теплового потока, температура печи, газа, кладки, расход топлива, теплота его сгорания и др. К фазовым координатам системы можно отнести распределение температуры по сечению слитка, величину окисленного металла, толщину обезуглероженного слоя, возникающие термические напряжения и др.

В случае, когда поведение управляемой системы описывается известными закономерностями, а фазовые координаты суть однозначные функции управляющих параметров (детерминированная система), динамика ее состояния описывается дифференциальными уравнениями. Когда же управляющие координаты системы беспорядочно изменяются произвольным образом, исследуемый процесс описывается статистико-вероятностными уравнениями. Например, динамика изменения температуры металла по заданному технологическому режиму печи является процессом детерминированным, а температура пламени при факельном сжигании топлива – стохастическим.

Если параметры изучаемого объекта изменяются в пространстве и во времени [3] (термически массивные тела), то поведение такой системы описывается дифференциальным уравнением с частными производными (дифференциальным уравнением с распределенными параметрами), если только во времени [4] (термически тонкие тела) – обыкновенными дифференциальными уравнениями (дифференциальными уравнениями с сосредоточенными параметрами).

В задачах оптимального управления целевая функция (критерий оптимизации), как правило, исследуется на минимум (максимум) или должна принимать определенное значение. Например, требуется минимизировать расход топлива или достичь заданной технологической температуры при нагреве металла. Ограничения же показывают, в каких пределах изменяются значения независимых переменных (например, предельно допустимый диапазон изменения температуры печи или величины расхода топлива). Целевая функция и имеющиеся ограничения могут носить как линейный, так и нелинейный характер.

Аналитическому решению задачи оптимального управления поддаются лишь в простейших случаях (при принятии ряда ограничений и допущений). Для решения более сложных задач, учитывающих целый спектр технологических особенностей исследуемого объекта, как правило, требуется использование современных быстродействующих компьютеров. Численные же методы являются наиболее универсальными при решении задач оптимизации в теплотехнике. В работе [5] представлены достоинства и недостатки основных методов оптимизации промышленных теплотехнологий, описан круг задач оптимального управления нагревом металла, показаны преимущества метода магистральной асимптотической оптимизации по сравнению с другими методами. Статья [2] обобщает главные

результаты применения метода магистральной оптимизации для решения задач оптимального нагрева металла.

Несмотря на то что результаты, изложенные в работе [2], касаются преимущественно разработки оптимальных температурных режимов работы печи, нельзя оставлять без внимания и ряд других факторов, способных оказать существенное влияние на ход исследуемого процесса [6].

В заключение следует отметить: многолетний практический опыт исследований по разработке и внедрению рациональных режимов работы металлургических агрегатов показывает, что повышение общей экономической эффективности производства осуществимо лишь при комплексном подходе путем оптимизации теплотехнологий обработки металла, использования современных конструкций нагревательных устройств и автоматизации тепловых процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономико-математические методы и модели / Н. И. Холод, А. В. Кузнецов, Я. Н. Жихар и др. – Мн.: БГЭУ, 2000. – 412 с.
2. Решение задач управления нагревом металла на основе метода магистральной асимптотической оптимизации / В. И. Тимошпольский, С. М. Козлов, В. Б. Ковалевский и др. // *Литье и металлургия*. – 2000. – № 4. – С.103 – 108.
3. Разработка рациональной теплотехнологии нагрева кордовой стали в проходной печи стана 850 РУП «БМЗ» / В. В. Филиппов, В. И. Тимошпольский, В. А. Тищенко и др. // *Изв. вузов и энерг. объедин. СНГ. Энергетика*. – 2001. – № 2. – С. 80 – 86.
4. Разработка высокоэффективных режимов термической обработки кордовой стали в печах патентирования / В. И. Тимошпольский, В. В. Филиппов, А. Н. Савенок и др. // *Изв. вузов и энерг. объедин. СНГ. Энергетика*. – 2001. – № 4. – С. 61 – 67.
5. Основные методы оптимизации режимов нагрева металла / С. М. Козлов, В. И. Тимошпольский, В. Б. Ковалевский и др. // *Литье и металлургия*. – 2000. – № 3. – С. 68 – 71.
6. Влияние различных факторов на процесс окисления сталей при нагреве в пламенных печах / С. М. Козлов, В. И. Тимошпольский, И. А. Трусова и др. // *Литье и металлургия*. – 2001. – № 2. – С. 127 – 129.

УДК 621.74: 628.517

А. М. ЛАЗАРЕНКОВ, д-р техн. наук,
Т. А. ТАВГЕНЬ (БНТУ)

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ИНФРАКРАСНОГО (ТЕПЛОВОГО) ОБЛУЧЕНИЯ РАБОТАЮЩИХ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Один из основных параметров микроклимата рабочих мест литейных цехов – интенсивность инфракрасного (теплового) излучения.

Проведенные исследования параметров микроклимата рабочих мест литейных цехов различных отраслей промышленности показали, что фак-