

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КИСЛОРОДНО – КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА

*Капцан Ф.В., Рашиников В.Ф., Тахаутдинов Р.С.,
Николаев О.А., Урцев В.Н., Степанова А.А.*

Технологии производства стали и металлопроката стоят в ряду наиболее сложных и наукоемких. Качество выпускаемой металлопродукции зависит от большого количества факторов на всех переделах ее производства. Вместе с тем, современные условия требуют сокращения сроков разработки технологий и внедрения производства новых марок сталей, профилей металлопроката, повышения показателей качества уже освоенных видов продукции. Обеспечить выполнение поставленных задач призвана, разрабатываемая в настоящее время на комбинате, система управления технологией и качеством продукции.

В настоящее время в кислородно-конвертерном цехе АО «ММК» значительная часть информации о технологических процессах выплавки, доводки и непрерывной разливки стали поступает на сервер службы АСУ цеха и хранится в нескольких десятках таблиц SQL-базы данных.

В связи с особенностями хранения информации в базах данных, непосредственная работа с этой информацией требует от пользователя не только высокой квалификации технолога, но и значительного объема специальных знаний по информатике. Между тем, очевидно, что полное владение технологической информацией и грамотное ее использование не только облегчит работу инженеров, но и сделает возможным проведение целого ряда исследовательских работ, призванных повысить качество выпускаемой продукции и снизить ее себестоимость. В связи с этим, поставлена задача создания информационной системы, позволяющей осуществлять эффективное использование и оперативный анализ технологической информации специалистами инженерных служб АО «ММК».

В основу разработанной системы положены следующие принципы:

- программы должны функционировать как с базой данных на сервере АСУ ККЦ так и с консолидированным банком технологических данных на сервере ЦЛК;
- обеспечение автоматической синхронизации указанных баз данных;
- обеспечение максимальной независимости работы системы от структуры данных;
- интеграция программ в существующие информационные системы и систему управления технологией и качеством продукции;
- наличие удобного графического интерфейса системы;
- возможность использования индивидуальных настроек параметров системы, повторное использование промежуточных данных и автоматическое сохранение текущего состояния системы;
- автоматизированный экспорт результатов обработки наиболее распространенным текстовым процессорам, электронным таблицам, программам статистического анализа.

В соответствии с принятой идеологией, в созданной системе реализованы следующие функции:

Задачи сопровождения базы данных

- автоматический импорт данных с сервера АСУ ККЦ в консолидированный банк технологических данных;
- перенос данных из внешних таблиц в таблицы базы данных системы;
- экспорт данных из таблиц системы во внешние таблицы;
- операции удаления из таблиц базы данных информации по выбранному диапазону номеров плавков или дат выплавки.

Просмотр содержимого таблиц базы данных

В систему заложена возможность удобного просмотра содержания технологических таблиц. Отличительной особенностью описываемой системы от стандартных средств работы с базами данных является ввод в нее специальной структуры, описывающей дерево представленных в базе данных технологических параметров выплавки, внепечной обработки и разливки стали. Описанный подход

позволил избавить пользователя от необходимости оперирования специальными кодовыми названиями таблиц и их полей, заменив их на названия технологических процессов и их характеристик. Кроме того, существенно снизилась зависимость функционирования системы от изменений в структурах данных в системе АСУ цеха. Создан ряд подпрограмм, позволяющих сопровождать дерево структуры информации.

Формирование стандартных отчетов

Стандартными формами отчетов для конвертерного цеха являются паспорта выплавки, доводки, вакуумирования и разливки стали. Возможность просмотра и распечатки перечисленных документов предусмотрена в соответствующем разделе системы.

Формирование выборок данных

Практически все инженерные и экономические расчеты, связанные с технологией производства стали в ККЦ проводятся не по всему массиву данных, а для какой либо совокупности плавок, отобранной по определенным критериям. Методам формирования подобных выборок при создании описываемой системы уделено особое внимание. Для формирования запросов к базам данных общепринят специализированный язык SQL. Но проблема состоит в том, что пользователь не обязан владеть его синтаксисом и не может, как уже отмечалось, помнить кодовые названия нескольких сотен полей таблиц базы данных. В связи с этим, в системе принят обучающий подход к созданию выборок.

Для начинающих пользователей в систему включен ряд окон, позволяющих простым набором переключателей сформировать наиболее часто встречающиеся комбинации условий отбора плавок, например, по дате выплавки, по марке стали, по ГОСТу, по бригаде и т.д. При этом, в специальном окне выводится соответствующий выбранному заданию SQL-запрос, который исполняется и выдается результат отбора. Этот способ позволяет даже не подготовленному пользователю формировать различные выборки из базы данных и, одновременно, знакомит его с синтаксисом языка SQL.

Для пользователей, уже имеющих представление о SQL запросах, в системе предусмотрена возможность формирования запросов к базе

данных с помощью специальной подпрограммы-разработчика запросов. Формирование запроса производится выбором из дерева структуры интересующего технологического параметра и определением условий отбора по этому параметру. Сформированный таким образом SQL запрос выводится в специальное окно для ознакомления.

Для пользователей, в совершенстве владеющих языком SQL, существует возможность непосредственного ввода запроса в соответствующее окно с клавиатуры.

Сформированные любым из перечисленных способов SQL-запросы можно сохранить на диске для повторного использования. Это дает возможность формирования библиотеки часто встречающихся запросов в отведенном для этой цели каталоге.

Набор стандартных расчетов

Наиболее часто встречающиеся расчеты включены в состав системы в виде подпрограмм:

- расчет статистических показателей шихтовки плавов;
- расчет статистических показателей расхода ферросплавов на плавку;
- расчет статистических показателей расхода добавочных материалов на плавку;
- расчет статистических показателей длительности операций выплавки стали и расхода кислорода на продувку отобранной группы плавов;
- группа отчетов по химическому составу отобранных плавов:
 - отчет по химическому составу отобранных плавов, включая статистические показатели;
 - процедура расчета и построения гистограмм содержания химических элементов в стали;
 - процедура построения зависимостей среднего содержания химических элементов и отслеживания динамики изменения химического состава металла в выбранных плавках от интервалов времени.

Данная группа расчетов широко используется специалистами ЦЛК для контроля за химическим составом наиболее ответственных марок стали из сортамента ККЦ.

Инструментальные программы для поддержки исследовательских работ

Принятая в созданной системе идеология, позволяет эффективно использовать ее для проведения различного рода исследовательских работ, связанных с оптимизацией технологий. С этой целью система легко может быть дополнена специальными подпрограммами для проведения необходимых для анализа, технологических расчетов. В рамках данной статьи рассмотрим задачу учета расхода ферросплавов в процессе выплавки и доводки стали в ККЦ, реализованной в системе.

Одной из задач, стоящих перед технологами является определение оптимального расхода ферросплавов на плавку, обеспечивающего марочное содержание химических элементов в стали. Для отладки методик была выбрана задача расчета требуемого количества ферросплавов, содержащих марганец при производстве стали марки 08Ю.

Расчет требуемого количества материала производится по формуле:

$$M_{fr} = \frac{M_{ж/с} \cdot (C_1 - C_2)}{A \cdot (100 - Ky)} \cdot 100$$

где: $M_{ж/с}$ - масса жидкой стали, кг;
 C_1 и C_2 - массовая доля элемента в готовой стали и в металле перед выпуском плавки, %;
 A - массовая доля элемента в присаживаемом материале, %;
 Ky – коэффициент угара элемента, %.

Масса жидкой стали рассчитывается по формуле:

$$M_{ж/с} = (Ч+Л)В/100,$$

где: $Ч$ - масса чугуна, залитого в конвертер, т;
 $Л$ - масса металлолома, заваленного в конвертер, т;
 $В$ – коэффициент выхода жидкой стали из металлозавалки, %.

Коэффициент выхода жидкой стали был принят по данным технического отчета равным 90.1. Небольшие изменения этого коэффициента не могут существенно отразиться на результатах расчета в связи с постоянным характером вносимой ошибки, которая, в дальнейшем, будет скорректирована поправочным коэффициентом.

Массовая доля элемента в готовой стали определяется из марочника по нижнему пределу.

Массовая доля элемента перед выпуском из конвертера определяется из результата химического анализа металла на повалке (вид анализа '01', проба №1), а в случае его отсутствия, принимается среднее значение по 10 предыдущим плавкам этой группы марок стали. При анализе достоверности данных было выяснено, что в некоторых случаях вместо требуемого анализа в базе данных содержится анализ пробы, взятой термозондом до окончания процесса выплавки. Для описываемого расчета в качестве исходных данных такие результаты не годятся. В связи с этим, для отбраковки подобных плавков введен критерий отбора по содержанию углерода в пробе.

Массовая доля элемента в присаживаемом материале определяется исходя из химического состава данного материала. Содержание Mn в ферросплаве берется из соответствующего поля в паспорте плавки или в случае его отсутствия из составленной для этих целей, справочной таблицы.

Выявлены случаи неправильного ввода данных о количестве ферросплавов в паспорт плавки по двум основным причинам:

- а) не обнулялись показания весов по окончании плавки и, как следствие, удвоенная цифра расхода ферросплава;
- б) не учтен ввод ферросплавов (заниженный расход ферросплава).

Уменьшить влияние выявленных погрешностей можно созданием выборки из отслеженных работниками конвертерной лаборатории плавков.

Величину поправочного коэффициента на угар марганца при присадке в ковш под конвертером можно получить делением расчетного содержания Mn на содержание Mn в первой пробе на АДС (вид анализа '04', проба 1). Аналогичным образом рассчитывался и поправочный коэффициент на угар элемента и при доводке стали.

В качестве исходных данных для расчета использовалась таблица, полученная непосредственным наблюдением за ходом плавки работником конвертерной лаборатории (65 плавов). В полученной выборке повышена достоверность значений расхода ферросплавов, но остались погрешности вносимые крановыми весами.

Ниже приведен анализ промежуточных результатов расчета.

На рис.1. приведена гистограмма величин усвоения Mn в конвертере. Из него видно, что около 90% плавов показывают правдоподобные значения усвоения Mn. Среднее значение усвоения в рассматриваемом массиве равняется 79.5%. Наличие в результатах расчетов плавов с усвоением Mn выше 100% объясняется погрешностями в исходных данных для расчетов. После проведения корректировки расчетного содержания Mn в стали, с учетом коэффициента угара элемента, получена величина средней ошибки расчетов (равная 0.031%), что удовлетворяет поставленным задачам. Гистограмма распределения величин ошибки расчета приведена на рис.2.

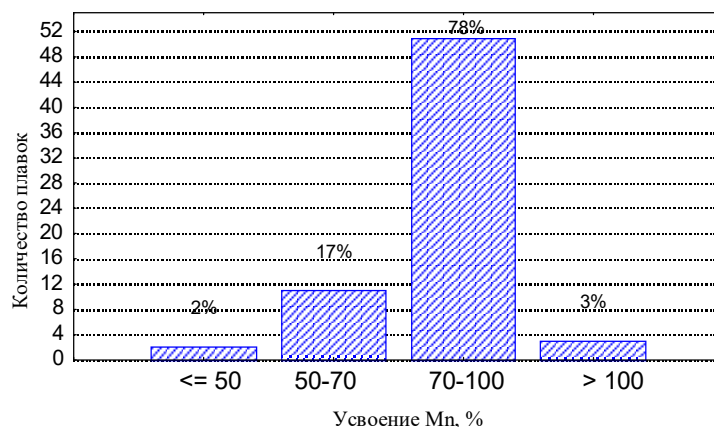


Рис.1.

Гистограмма величин усвоения Mn при выплавке

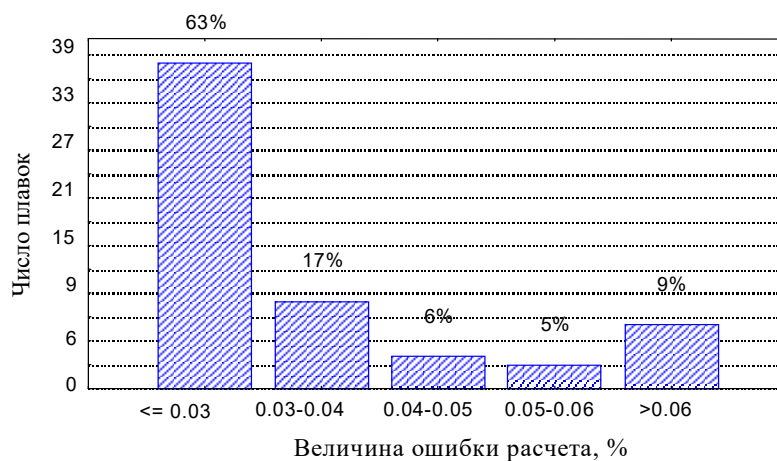


Рис.2.
Гистограмма величин ошибок расчета при выплавке

Из гистограммы видно, что в 86% случаев ошибка в расчетах не превышает 0.05%.

Произведен аналогичный расчет прогнозируемого содержания Mn в готовой стали исходя из содержания элемента до операции доводки и расхода ферросплавов в процессе доводки стали. Гистограммы распределения величин отклонения истинного содержания Mn в стали от расчетного приведены на рис.3 и составила в среднем 0.026%.

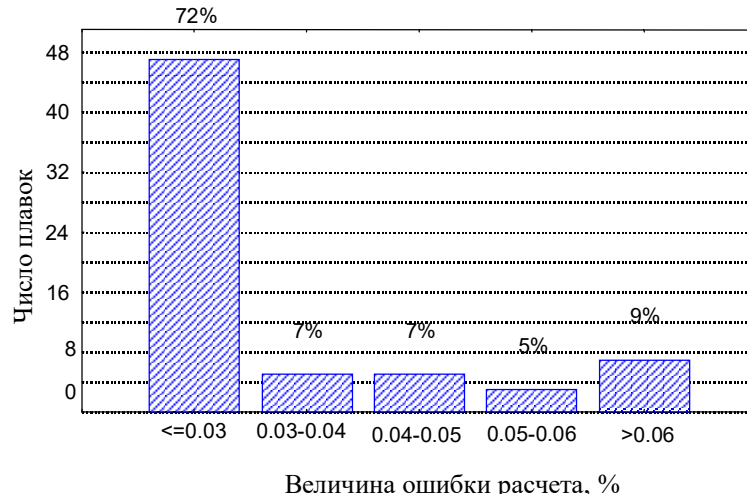


Рис.3.

Гистограмма величин ошибок расчета на АДС

Приведенные выше расчеты показывают возможность получения расчетным путем величин оптимального расхода ферросплавов при производстве стали, обеспечивающих марочное содержание элементов в готовой стали, а следовательно, и создание систем-советчиков для сталеваров, обеспечивающих снижение удельного расхода ферросплавов на тонну готовой стали. Кроме того, стала очевидной необходимость проведения ряда исследовательских работ, связанных с:

- уточнение угаров различных химических элементов в процессе раскисления, для различных марок стали и марок используемых ферросплавов;
- анализом достоверности и повышению качества исходных данных для расчета;
- выбором наиболее предпочтительных вариантов технологии ввода ферросплавов.

Подобные работы отличаются высокой трудоемкостью в связи с необходимостью анализа больших массивов информации. Для достижения эффективности решения описанных задач создана специализированная программа, позволяющая автоматизировать выполнение большинства расчетов, связанных с исследованием процессов ввода ферросплавов при выплавке и доводке стали. Она предоставляет широкие возможности по анализу достоверности исходных данных, отсеву неизбежных выбросов, расчету величин коэффициентов угара элементов по каждой плавке и статистическую обработку массивов этих коэффициентов для любой выборки. Кроме того, с помощью описываемой программы, можно оценить величину перерасхода или экономии того или иного вида ферросплавов, исходя из расчетных значений потребности в ферросплавах получения заданного ГОСТом химического состава готовой стали.

Работы, приведенные в статье, проводились совместно специалистами ЦЛК и ИТЦ «Аусферр». Двухлетний опыт эксплуатации системы в конвертерной лаборатории ЦЛК подтвердил правильность выбора идеологии и показал хорошие эксплуатационные характеристики программного комплекса.