

УДК 669.162.262.4: 669.02/09:681.3

Д.Н.Тогобицкая, А.И.Белькова, Д.А.Степаненко, А.Ю.Гринько,
Н.А.Циватая, А.С.Скачко

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА ДОМЕННОЙ ШИХТЫ

Институт черной металлургии НАН Украины

Целью работы является описание фундаментальных физико-химических основ интеллектуальной системы «Шихта» для принятия решений в задачах выбора рационального состава доменной шихты в современных сырьевых условиях Украины. Программно реализован широкий комплекс физико-химических и математических моделей, критериев и методов, позволяющих прогнозировать показатели формирования расплавов из различных железорудных материалов, что позволяет оптимизировать свойства и физико-химическое состояние жидких фаз и обеспечить выплавку чугуна заданного качества. Система обеспечивает априорную оценку технологической ситуации до загрузки шихты в печь и позволяет выполнять корректировку загружаемой подачи шихты\

Ключевые слова: доменная шихта, железорудные материалы, чугун, физико-химические критерии и модели, технологическая ситуация, корректировка.

Состояние проблемы. В последнее время существенно изменились шихтовые условия доменной плавки, что, в частности, связано с ухудшением качества кокса и вовлечением вторичных ресурсов и отходов, содержащих значительное количество щелочных соединений и других вредных примесей, влияющих на процессы формирования жидких фаз, их поведение в доменной печи и, как следствие, на потери производства и перерасход кокса.

В связи с этим поиск наиболее доступных и экономичных технических решений, обеспечивающих повышение технико-экономических показателей доменной плавки, связан с решением проблем как улучшения прочностных и металлургических свойств агломерата и кокса, так и оптимизации состава доменной шихты путем выбора ее компонентов по заданным критериям и ограничениям, разработки способов экономии энергоресурсов за счет совершенствования методов воздействия на свойства материалов в зонах формирования первичных, промежуточных и конечных расплавов, играющих значительную роль в газодинамике плавки и формировании состава чугуна.

В этой связи особенно актуальными являются вопросы обеспечения процесса выплавки чугуна высокоточными физико-химическими моделями для описания состояния шихтовых материалов в печи, формирования жидких фаз и результатов их взаимодействия. Использование таких прогнозных моделей является основой создания интеллектуальных экспертных систем в виде авторизованного

программного обеспечения, позволяющего Пользователю в результате интерактивного взаимодействия оперативно принимать эффективные решения в различных производственных условиях [1].

Накопленный в Институте черной металлургии фундаментальный багаж знаний в вопросах физико-химического моделирования структуры и свойств металлургических расплавов и опыт создания компьютерных систем [2-3] создал предпосылки для разработки интеллектуальной системы принятия решений в задачах выбора состава доменной шихты, обеспечивающего рациональный шлаковый режим и получение качественного чугуна с минимальными энергозатратами в современных нестабильных условиях доменного производства.

Для решения задач оптимизации состава доменной шихты и качества чугуна нами используется новый подход, основанный на прогнозировании состава продуктов плавки и стабилизации свойств конечного шлака в пределах, обеспечивающих получение чугуна требуемого состава [4].

В качестве методологической основы описания процессов формирования и взаимодействия металлической и шлаковой фаз при выплавке чугуна используется методика физико-химического моделирования состава и свойств металлургических расплавов [2], позволяющая с единых теоретических позиций обобщать достижения различных исследований и описывать взаимосвязи между составом, электронной структурой и свойствами соединений с учетом параметров межатомного взаимодействия компонент в расплавах. Нарботанный опыт и результаты исследований в этом направлении реализованы в составе информационно-аналитической системы «Расплав» (рис.1), основные компоненты которой легли в основу при создании интеллектуальной экспертной системы «Шихта».

Целью данной работы является изложение физико-химических основ создания и развития интеллектуальной системы «Шихта», позволяющей в современных сырьевых условиях Украины рационально решать задачи экономии сырьевых и энергетических ресурсов путем оптимизации состава доменной шихты и качества чугуна.

Изложение основных материалов исследования.

Интеллектуальная система «Шихта» включает в себя постоянно развивающееся информационное обеспечение проблемы в виде баз фундаментальных физико-химических и технологических данных о свойствах шлаковых расплавов, железорудных материалов и процессов их взаимодействия, а также математическое обеспечение в виде базы математических, термодинамических и физико-химических моделей процессов доменного производства. Программное обеспечение системы включает комплекс компьютерных подсистем (рис.2), реализующий системный подход к описанию процессов шлакообразования, моделирования свойств расплавов и процессов их взаимодействия с

использованием интегральных физико-химических параметров состава шихтовых материалов, чугуна и шлака, что позволяет наряду с использованием показателей дутьевого режима прогнозировать состав и свойств конечных продуктов плавки по показателям шихты и технологии и осуществить решение обратной задачи: оптимизации состава шихты по заданным показателям чугуна и шлака.

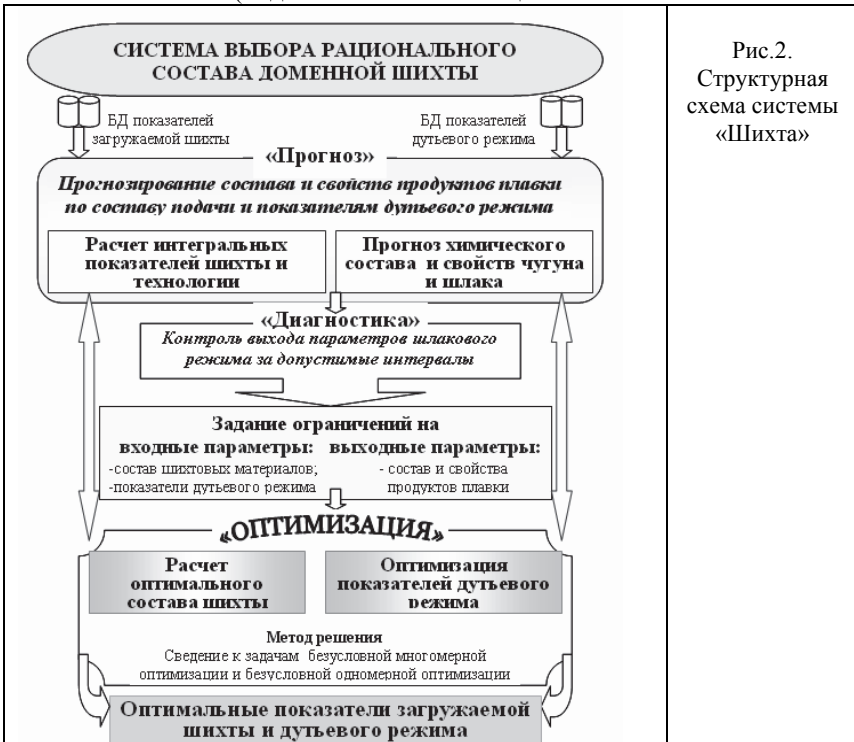


Рис.1. Структурная схема информационно-аналитической системы «РАСПЛАВ»

Для принятия решений в задачах выбора рационального состава доменной шихты система предоставляет следующие возможности:

- осуществить выбор базового шлакового режима, обеспечивающего выплавку чугуна заданного качества, в соответствии с которым основность конечного шлака CaO/SiO_2 устанавливается в зависимости от различных его соотношений, в частности, от отношения $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$ для условий заводов Украины [5];
- контроль качества чугуна и шлакового режима доменной плавки по комплексу физико-химических и технологических свойств шлака (серопоглотительной способности, вязкости, температур начала и конца кристаллизации; энтальпии (теплоемкости) при температуре хорошей текучести, поверхностного натяжения) в ретроспективе и для указанного выпуска;
- расчет нормативного минералогического состава шлака;

- контроль теплового состояния горна по комплексным показателям дутьевого режима (теоретическая температура горения, глубина проникновения дутья по оси фурменной зоны, энтальпии шлака, содержании кремния и углерода в чугуна);
- выбор рационального состава шихты на этапе формирования загрузки на основе прогнозирования состава и свойств чугуна и шлака по показателям шихты и дутьевого режима, оценка технологической ситуации и выдача управляющих рекомендаций (подсистемы «Прогноз» и «Диагностика»);
- корректировка базовых и текущих показателей загрузки шихты и технологии для получения кондиционного по сере и кремнию чугуна на основе оптимизации шлакового режима по физико-химическим и технологическим комплексным показателям, характеризующим свойства шлака (подсистема «Оптимизация»).



Решение указанных задач в Институте осуществляется с использованием комплекса физико-химических и математических моделей для расчета состава и свойств чугуна и шлака. В частности, значения свойств первичного и конечного доменного шлака (вязкости,

поверхностного натяжения, температур начала и конца кристаллизации, энтальпии, серопоглотительной способности шлаков) определяются по прогнозным моделям в виде: Свойство = $f(\Delta e, \rho, T)$, где $\Delta e, \rho$ – интегральные показатели, характеризующие химическое и структурное состояние шлакового расплава, T – температура [2].

В последнее время система «Шихта» пополнена расчетом критерия оценки их гетерогенизации T_ε шлаковых расплавов [6]. Показатель T_ε рассчитывается на основе температурной зависимости вязкости и электропроводности расплавов доменных шлаков и характеризует температуру начала образования кристаллических фаз в шлаковом расплаве, ниже которой расплав переходит в устойчивую по вязкости область и лимитирует реализацию потенциальной серопоглотительной способности шлака.

В сложившихся современных сырьевых условиях Украины особо актуальным является проведение исследований по выявлению закономерностей влияния щелочей на свойства шлака, как главного фактора их удаления из доменной печи. Существующие прогнозные модели не позволяют с высокой степенью точности описывать вязкость реальных доменных шлаков, т.к. не учитывают особенностей воздействия оксидов щелочных металлов на их структуру, а, следовательно, и свойства шлаков.

Для описания влияния щелочей на свойства конечных доменных шлаков разработаны прогнозные модели для расчета вязкости и температуры хорошей текучести многокомпонентных конечных доменных шлаков [7]:

$$\lg \eta = 33,766 - 109,385\rho + 79,899\rho^2 + 0,029K + \frac{8096}{T},$$

$$T_{x.m.} = 2891,682 - 1640,17\rho + 105,4189\Delta e - 29,5189K,$$

где $K = (\%K_2O + \%Na_2O)\lg(d \cdot \Delta Zm)$

Отсутствие контроля над содержанием щелочных соединений в шихтовых материалах и продуктах плавки, а также отсутствие данных о характере накопления и количестве щелочей в зонах циркуляции, не позволяют производить учет количества щелочей в объеме печи. Поэтому, реализация, в сочетании с технологическими мерами, системы направленных промывок, обеспечивающих максимальный вывод щелочей из печи, зачастую является не достаточно эффективной, а в ряде случаев приводят и к негативному результату, вследствие чего доменные печи в течение длительного времени могут находиться в расстроенном состоянии.

Проведенные исследования по выявлению закономерностей влияния компонентов доменного шлака на содержание в нем щелочных оксидов показали, что условия удаления из доменной печи для K_2O и Na_2O существенно отличаются. Так, на содержание K_2O в шлаке влияют оксиды

кальция, магния, марганца, кремния, титана и железа, а на содержание Na_2O – оксиды кальция, магния титана и алюминия. Обычно, в практике доменного производства при ведении плавки с целью максимального вывода щелочей из печи через шлак содержание оксидов калия и натрия в шихте суммируют, принимая их за оксиды с одинаковыми свойствами. При этом меры, проводимые для вывода щелочей из печи, зачастую являются не достаточно эффективными

По результатам исследований получены эмпирические уравнения для прогнозирования содержания K_2O и Na_2O в шлаке в виде: $\%R_2O = a_0 + a_1 \cdot \rho + a_2 \cdot \Delta e + a_3 \cdot \Delta Zm$, где Δe – химический эквивалент состава шлака, ρ – показатель стехиометрии, ΔZm – параметр, учитывающий неравновесность катионной подрешетки.

Адекватность полученных уравнений подтверждена результатами анализа шлакового режима работы трех доменных печей объемом 5500, 3000 и 2000 м³, работающих в разных сырьевых и технологических условиях. Полученные уравнения позволяют определить содержание щелочных оксидов в шлаке в условиях отсутствия их контроля на производстве и повысить эффективность принятия управляющих воздействий при оптимизации шлакового режима доменной плавки, а также производить контроль за поступлением щелочей в доменные печи.

Полученные уравнения реализованы в системе «Шихта» и позволяют в промышленных условиях выполнить оценку сорбционной емкости шлакового расплава по отношению к щелочам и повысить эффективность принятия управляющих воздействий при оптимизации шлакового режима доменной плавки.

Разработанная ранее нами методика прогнозирования составов продуктов плавки [4] на основе расчета коэффициентов распределения элементов между чугуном и шлаком, которые задаются как переменные величины, зависящие от шихтовых ($F_{\text{Ш}}$) и технологических (F_{T}) показателей доменной плавки: $L_{\text{Э}} = f(F_{\text{Ш}}; F_{\text{T}})$, не учитывала процессы агрегатных и фазовых превращений железорудных материалов в условиях доменной плавки. В то же время реализация этих процессов в значительной степени предопределяется минералогическим составом шихтовых материалов и образующихся из них расплавов. В частности формирующийся шлаковый расплав, являясь следствием процессов ошлакования пустой породы железорудных материалов, предопределяет тепло- и массообменные процессы доменной плавки и формирование чугуна требуемого качества.

Опыт изучения минералогии конечных доменных шлаков показал, что свойства шлаковых расплавов, в частности, температура ликвидус и вязкость, являются следствием не только состава и термодинамических условий, но и его определенной структуры, которую отражает минералогический состав.

В результате выполненных исследований наследственных связей компонентов пустой породы шихты с минералогическим составом доменных шлаков разработан комплексный показатель качества доменной шихты, включающий сочетание соотношений оксидов шихты и параметров первичных расплавов, характеризующих агрегатные превращения и восстановление материалов в печи [2]:

$$K_{III} = \left(\frac{Fe_{об}}{SiO_2}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{CaO}{SiO_2}\right)^{\alpha_2} \cdot \left(\frac{Al_2O_3}{SiO_2}\right)^{\alpha_3} \cdot \left(\frac{MgO}{SiO_2}\right)^{\alpha_4} \cdot \left(\frac{R_2O}{CaO}\right)^{\alpha_5} \cdot \left(\frac{T_{км}}{T_{нф}}\right)^{\alpha_6} \cdot \left(\frac{FeO_{ну}}{-\Delta e / \rho}\right)^{\alpha_7},$$

где K_{III} – интегральный показатель качества доменной шихты, доли единицы; $Fe_{об}/SiO_2$ – показатель богатства шихты, доли единицы; CaO/SiO_2 – основность шихты, доли единицы; MgO/SiO_2 – магнизиальный модуль шихты, доли единицы; Al_2O_3/SiO_2 – глиноземный модуль шихты, доли единицы; R_2O/CaO – щелочной модуль шихты, доли единицы; $T_{нф}$ – температура фильтрации первичного расплава через коксовую насадку, °C; $T_{км}$ – температура капельного течения первичного расплава, °C; $FeO_{ну}$ – содержание FeO в первичном шлаковом расплаве, мас.%; Δe – химический эквивалент шлакообразующей части шихты, е; ρ – показатель стехиометрии шлакообразующей части шихты; $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7$ – показатели степеней, которые характеризуют значимость частного показателя доменной шихты и определяют по результатам работы доменной печи в установившихся шихтовых и технологических условиях работы доменной печи.

Комплексный показатель доменной шихты Кш разработан для решения задач прогнозирования конечных продуктов доменной плавки, а также может быть использован в качестве критерия оптимизации для выбора состава доменной шихты, обеспечивающего выплавку чугуна требуемого качества за счет направленного формирования расплавов в доменной печи путем учета показателей, металлургических свойств железорудного сырья и образующихся из них первичных расплавов.

По загружаемой шихте с учетом показателей дутьевого режима в системе «Шихта» рассчитываются состав чугуна и свойства шлака, на основе чего формируется видеокادر (рис.3), отображающий основные технологические свойства конечного шлака.

Выполненные исследования показали, что в условиях работы ДП № 9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» вязкость в пределах 0.3 Па·с при температуре 1500 °C, соответствующей обычно выпуску передельного чугуна, обеспечивают шлаки с $\rho \approx 0,713$. При этом температура кристаллизации шлаков не превышает предельно допустимую величину 1300°C. Путем многомерных сортировок текущих данных о составе и свойствах конечных шлаков получены «интервалы качества» – пределы изменения показателей Δe и ρ ($0.708 \leq \rho \leq 0.718, -2.323 \leq \Delta e \leq -2.217$),

которые обеспечивают выплавку кондиционного по сере и кремнию чугуна ($0.6 \leq [Si] \leq 0.9$; $[S] \leq 0.03$) в условиях работы ДП № 9.

Оценка технологической ситуации осуществляется в подсистеме «Диагностика». В случае выхода контролируемых параметров шлакового режима Δe и ρ за оптимальные диапазоны их изменения («интервалы качества») на графиках вязкости и энтальпии в системе формируются рекомендации по корректировке состава шихты или технологического режима.

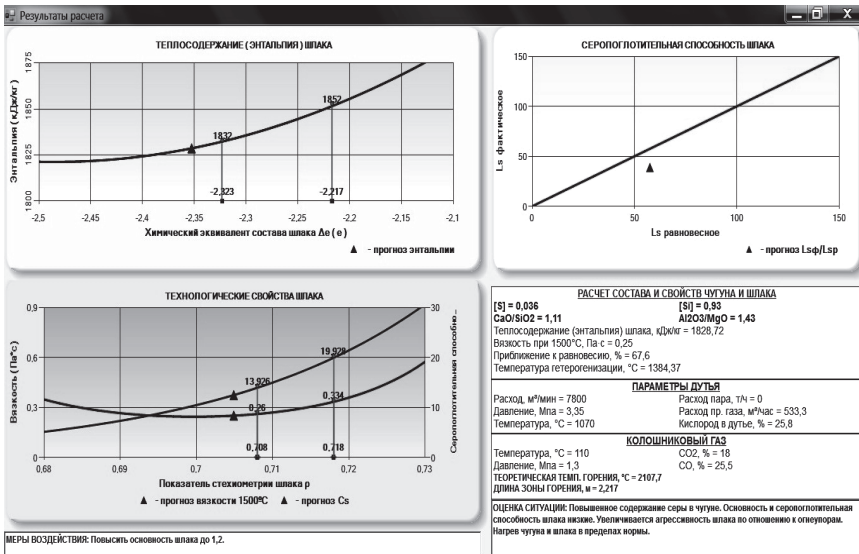


Рис.3. Оценка технологической ситуации в системе «Шихта»

В технологической постановке задачей оптимизации является определение оптимального состава шихты по заданным ее компонентам (расходу и химическому составу), который обеспечит выплавку чугуна требуемого состава при минимальном расходе кокса и (или) максимальной производительности печи (выход чугуна). При этом следует удовлетворить все требования, которые накладываются на материалы шихты и продукты плавки.

Одним из критериев для выбора состава шихты с позиции обеспечения рационального шлакового режима так же является содержание тугоплавкого минерала ларнита в конечном доменном шлаке. В системе «Шихта» имеется возможность рассчитать нормативный минералогический состав доменных шлаков по данным их химического состава (рис.4) и определить процентное содержание минерала ларнит (Ca_2SiO_4), которое согласно [8] должно находиться в пределах 14-16%, что обеспечивает вязкость шлага $\approx 0,3$ Па·с, энтальпию ≈ 1840 кДж/моль, серопоглотительную способность ≈ 18 ед.

Шлаки с содержанием ларнита меньше 14% имеют низкую температуру начала кристаллизации, а, следовательно, высокую стабильность. Работа на таких шлаках обуславливает снижение кремния в чугуне и расход кокса, однако серопоглощительная способность шлаков снижается. Такие шлаки рекомендуется использовать при наличии установок внедоменной десульфурации чугуна.

Шлаки с содержанием ларнита больше 16 % имеет высокую потенциальную серопоглощительную способность за счет перегрева чугуна. Однако, такие шлаки тугоплавкие и вследствие высокого содержания тугоплавкого ларнита они кристаллизуются с большой скоростью, что требует перегрева и повышенного расхода кокса.

Состав, Тп (°С)	Шлак, Мас. %
SiO ₂	40,5
CaO	44,8
Al ₂ O ₃	8
MgO	5,6
FeO	0,24
MnO	0,42
S	1,4
Ольдгамит, CaS, 24...	2,6
Троилит, FeS, 1190	0,12
Альбандин, MnS, 1...	0,21
Альбандин, MgS, 2...	0,21
Фаялит, 2FeOSiO ₂ ...	0,2
Тэфроит, 2MnOSiO...	0,35
Волластонит, CaO...	35,86
Ларнит, CaOSiO ₂ , ...	2,23
Геленит, 2CaOAl ₂ ...	21,46
Окерманит, 2CaOM...	36,76
Мелилит, 1403	58,21

Рис.4. Расчет минералогического состава доменного шлака

Для оптимизации состава доменной шихты в подсистеме «Оптимизация» по заданным критериям оптимизации и ограничениям на параметры шихты и продуктов плавки определяется такой компонентный состав шихты (расходы материалов), при котором чугун и шлак будут иметь заданные характеристики. Входные данные для использования алгоритма оптимизации задаются Пользователем (оператором доменной печи) в режиме диалога. В частности, задают параметры шихты, расходы которых можно изменять, допустимые границы этих изменений и критерии оптимизации. Так, например, можно воспользоваться критериями стабилизации шлакового режима, а именно, параметрами $\Delta\epsilon$ и ρ , поддержание которых в определенных пределах («интервалах качества») обеспечивает выплавку чугуна заданного состава при минимальном расходе кокса и повышенной производительности.

Определяемая таким образом задача оптимизации математически относится к нелинейной многомерной задаче условной оптимизации, которая решается последовательным сведением к задачам безусловной многомерной оптимизации, а затем - к задачам безусловной одномерной оптимизации. В результате работы подсистемы «Оптимизация» на основе оптимизационных расчетов выдаются конкретные рекомендации по изменению параметров загружаемой шихты или дутьевого режима (рис.5): рекомендованный состав шихты, химический состав чугуна и свойства шлака, формируется видеокادر с графиками изменения технологических свойств шлаков от физико-химических критериев прогнозного состава шлаков (рис.6).

Оптимизация по шихте		Оптимизация по технологии		Рекомендованное значение	ОГРАНИЧЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ			Значение после оптимизации	
МАТЕРИАЛЫ					Наименование параметра	Нижний предел	Верхний предел		Текущее значение
<input type="checkbox"/>	КОКС	27	27	27	CaO/SiO ₂	1.1	1.3	1.110	1.18
<input type="checkbox"/>	Z КОКСА, %	3.07	3.07	3.072443	(CaO+MgO)/SiO ₂	1.2	1.3	1.253	1.33
<input type="checkbox"/>	АГЛОМЕРАТ ГОК I	93	93	93	Si чугуна	0.7	1.1	0.870	0.91
<input type="checkbox"/>	ОКАТЫШИ СЕВГОК ФОК 1,2	17	17	17	S чугуна	0.02	0.04	0.036	0.028
<input type="checkbox"/>	АНТРАЦИТ	4.3	4.3	4.3	Физ.-хим. эквивалент шлака	-2.323	-2.217	-2.356	-2,292
<input checked="" type="checkbox"/>	ИЗВЕСТНЯК	0	5	0.45	Вес чугуна	67	68	67.050	67,12
<input type="checkbox"/>	СКРАП ЧУГУННЫЙ	2	2	2	Стехиометрия шлака	0.712	0.716	0.706	0,712
<input type="checkbox"/>	ШЛАК ОБ. ПЛАТА	5	5	5					

Рис. 5. Задание ограничений на параметры управления и результаты оптимизации шлакового режима

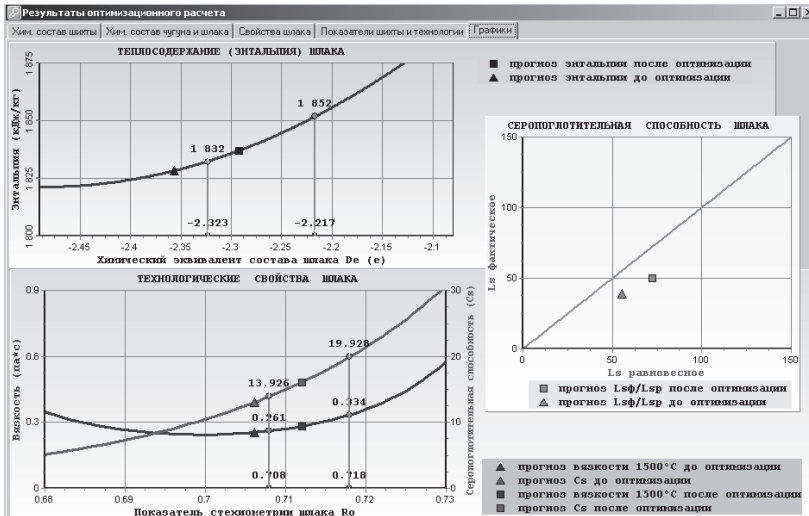


Рис. 6. Прогноз состава чугуна и свойств шлака по скорректированной подаче, установленной в результате оптимизации шлакового режима

Компьютерная система «Шихта» разработана с помощью среды Microsoft Visual Studio 2012 с использованием языка программирования Visual C#.

Выводы. Разработанная интеллектуальная система «Шихта» обеспечивает технологов инструментальными средствами для выбора оптимального состава доменной шихты и позволяет выполнить априорную оценку технологической ситуации до загрузки шихты в печь, осуществить корректировку загружаемой подачи на основе следующих критериев:

- стабилизации комплексного показателя качества доменной шихты, характеризующего агрегатные и фазовые превращения железорудных материалов в высокотемпературных зонах доменной печи;
- оптимизации шлакового режима по комплексу свойств конечного шлака (вязкости, энтальпии и серопоглотительной способности);
- определения содержания тугоплавкого минерала ларнита в конечном доменном шлаке, лимитирующего его гомогенность и серопоглотительную способность;
- определения температуры гетерогенизации конечных шлаков, характеризующей температуру начала образования кристаллических фаз в шлаковом расплаве.

Поиск оптимального решения базируется на синтезе методов многомерной и одномерной оптимизации, включающих процедуры методов покоординатного спуска и золотого сечения.

Система «Шихта» своевременно предоставляет технологу информацию, необходимую для принятия решений, направленных на обеспечение оптимального режима ведения доменной плавки, рационального использования сырьевых компонентов, замены одного сырья другой, уменьшению затрат кокса и т.п.

1. *Жмойдин Г.И., Тогобицкая Д.Н.* Авторизованный компьютерный продукт в отечественной металлургии, // Известия РАН. Металлургия. Металлы. – 1996. – №1. – С.29-45.
2. *Прогнозирование физико-химических свойств оксидных систем.* / Э.В.Приходько, Д.Н.Тогобицкая, А.Ф.Хамхотько, Д.А.Степаненко. – Днепропетровск: Пороги, 2013. – 339 с.
3. *Алгоритмические и программные средства системы контроля и управления шлаковым режимом доменной плавки* / Д.Н.Тогобицкая, А.И.Белькова, А.Ю.Гринько, Д.А.Степаненко // Системные технологии. Региональный сборник научных трудов.– Днепропетровск. – 2013. – Вып. 3 (86). – С.9-14.
4. *Системный подход к решению задач выбора оптимального состава доменной шихты* / Д.Н.Тогобицкая, А.И.Белькова, А.Ф.Хамхотько, Д.А.Степаненко [и др.] // Наукові вісті. Сучасні проблеми металургії. – Дніпропетровськ: НметАУ, 2011. – №13. – С.14–20
5. *Пат. 62589 Україна, МКІ 7 С21В5/00.* Спосіб ведення доменної плавки: Пат. 62589 Україна, МКІ 7 С21В5/00 /А.В.Сокуренько, В.О.Шеремет, А.В.Кекух, Г.І.Орел, Г.П.Костенко, П.І.Оторвін, Е.В.Приходько, Д.М Тогобицка,

- А.Ф.Хамхотько, М.М.Можаренко, А.І.Белькова (Україна) – №2003043309; Заявлено 14.04.2003; Опубл. 15.12.2003, Бюл. №12.–бс.
6. *Влияние* микро- и макронеоднородности на свойства доменных шлаков / Д.Н.Тогобицкая, А.Ф.Хамхотько, Д.А.Степаненко [и др.] // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2009. – № 5. – С.12–15
 7. *Н.А.Циватая, Тогобицкая Д.Н., Гладков Н.А.* Прогнозирование свойств щелочесодержащих доменных шлаков на основе параметров межатомаго взаимодействия // *Металлургические процессы и оборудование.* – 2014. – №1(35). – С.19-26.
 8. *Информационно-аналитическая система оценки минералогического состава доменных шлаков и его связь с технологическими свойствами* / Д.А.Степаненко, Д.Н.Тогобицкая, А.Ф.Хамхотько, Т.А.Калашникова // *Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць.* – Дніпропетровськ. – 2011. – Вип. (73). – С. 140–146.

*Статья рекомендована к печати
докт. техн. наук И.Г.Муравьевой*

Д.М.Тогобицкая, А.І.Белькова, Д.О.Степаненко, Н.О.Цивата, О.С.Скачко

Інтелектуальна система прийняття рішень при виборі раціонального складу доменної шихти

Метою роботи є опис фундаментальних фізико-хімічних основ інтелектуальної системи «Шихта» для прийняття рішень в задачах вибору раціонального складу доменної шихти в сучасних сировинних умовах України. Програмно реалізовано широкий комплекс фізико-хімічних і математичних моделей, критеріїв і методів, що дає змогу прогнозувати показники формування розплавів з різних залізородних матеріалів, що в свою чергу дозволяє оптимізувати властивості та фізико-хімічний стан рідких фаз і забезпечити виплавку чавуну заданої якості. Система забезпечує апріорну оцінку технологічної ситуації до завантаження шихти в піч і дає змогу виконувати коригування подачі шихти.

Ключові слова: доменна шихта, залізородні матеріали, чавун, фізико-хімічні критерії та моделі, технологічна ситуація, корегування.

D.N.Togobitskaya, A.I.Belkova, D.A.Stepanenko, A.Yu.Grinko, N.A.Tsivataya, A.S.Skachko

Intelligent decision-making system in the tasks of choosing the rational domain of charge

The aim is to describe the fundamental physical and chemical bases of intellectual systems "Charge" for the decision making in problems of the rational choice of the domain in the current batch of raw conditions of Ukraine. Software implemented a wide range of physical, chemical and mathematical models, criteria and methods to predict the rates of formation of melts of various iron ore materials to optimize the properties and physico-chemical state of the liquid phases and to ensure the specified quality pig iron. The system provides a priori estimate of the technological situation before loading into the furnace charge and allows adjustment of the loaded batch feeding.

Keywords: blast charge, iron materials, cast iron, physico-chemical criteria and models tehnologichskaya situation adjustment.