Компьютерное моделирование в науке и технике

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Ермолаев Ю.В.
Читинский государственный университет, Чита

Автоматизация проектирования – общая тенденция развития современной инженерной и научной деятельности человека, которая буквально пронизывает все её направления. Применение ЭВМ при проектировании является важным фактором ускорения научно-технического прогресса. Судя по своему первоначальному названию – машинное проектирование, эта тенденция, казалось бы, закрепляет приоритет машины перед человеком. Но это, конечно, не так. Если быть более точным, то современный процесс проектирования надо было бы назвать человеко-машинным, поскольку роль инженера-исследователя в процессе разработки новых устройств и систем не только не уменьшилась, а , наоборот, существенно возросла, ибо вся творческая сторона этого процесса и в первую очередь составление алгоритмов и программ для решения разнообразных задач и выбор окончательного варианта в обозримом будущем остаётся за человеком. Разделение функций между человеком и машиной не только высвободило часть времени у инженеров-проектировщиков, но, что значительно важнее, внесло качественные изменения в сам процесс проектирования. Появилась возможность находить оптимальные варианты различных электрических устройств и систем, что раньше было достижимо только на основании длительного многократного эксперимента. Компьютерные технологии и широкое внедрение персональной компьютерной техники и Интернета в образовательный процесс позволяют добиваться наибольшей эффективности в изучении материала. Однако повышение уровня развития компьютерных технологий само по себе не является достаточным условием для повышения уровня образования. Проблемы, возникающие при изучении технической дисциплины, могут быть преодолены только при изучении физических процессов, происходящих в данной системе. Иначе – при использовании компьютера необходимо хорошо понимать физику работы системы (схемы), её отдельных частей, их взаимосвязь. Использование компьютера позволяет иначе перераспределить время, отводимое на самоподготовку студента и больше времени уделить на теоретическое и практическое изучение материала.

За последние годы появились и стали достаточно доступны некоторые программы машинного анализа электрических и электронных цепей. У каждой из программ имеются свои достоинства и недостатки. С одной стороны они достаточно эффективны, когда их применят при расчётах, для которых они разработаны. Но все они имеют один общий недостаток с точки зрения обучения студентов. Они настолько сложны, что любые их модификации, необходимые для решения других задач, обычно лежат за пределами возможностей рядовых пользователей.

Наиболее удобными для использования в учебном процессе, на наш взгляд, зарекомендовали себя следующие пакеты: MATHCAD – для численных и частично символьных вычислений; MATLAB со средствами Simulink – для построения моделей физических устройств и анализа процессов в них. Наиболее часто студенты энергетических специальностей имеют в качестве задания и дальнейшего исследования принципиальную схему объекта моделирования, поэтому для данных специальностей нам кажется целесообразным для создания обучающих программ и применения для расчёта электрических схем использовать пакеты MATLAB, Simulink. Пакет Simulink даёт достаточно простой и эффективный метод моделирования динамических систем в том числе с использованием теории графов.

ВЫВОД УРАВНЕНИЯ МАССООБМЕНА ПРИ ДОЖИГАНИИ ОКСИДА УГЛЕРОДА СТРУЯМИ КИСЛОРОДА

Королькова Л.Н., Меркер Э.Э., Никишин К.Н.
Старооскольский технологический институт (филиал) Московского государственного института стали и сплавов (технологического университета), Старый Оскол

Применение процесса дожигания оксида углерода при использовании двухъярусных фурм является высокоэффективным для получения дополнительного тепла, поступающего в ванну. Оксид углерода является чистым источником тепла, т.к. не вызывает повышение содержания азота и серы в стали.

Создаваемая над зоной продувки струйная газодинамической завесы образует локальный объем из которого монооксид углерода удаляется в атмосферу конвертера путем подсоса в систему струй ГДЗ с последующим дожиганием в ней или в результате проскока в межструйное пространство. Эффективность дожигания оксида углерода углерода над зоной продувки при использовании двухъярусной фурмы зависит от соотношения расходов кислорода на продувку и дожигание, расстояния между ярусами сопел фурмы, угла наклона этих сопел и газодинамических свойств струйной завесы. В этой связи представляется важным изучение вопросов массообмена между поднимающимся из зоны продувки потоком $\{CO\}_0$ и струями ГДЗ.

Особенностью струйной газодинамической завесы является то, что при отсутствии ГДЗ содержание оксида углерода в отходящих газах в полости конвертера над соплами второго яруса фурмы $\{CO\}_\infty$ соответствует значению содержания его в газах над ванной $\{CO\}_0$. При наличии режима дожигания компонента $\{CO\}_\infty$ меньше $\{CO\}_0$ вследствие дожигания последней в объеме струйной ГДЗ. Чем выше эффект дожигания оксида углерода в кислородных струях ГДЗ, тем меньше $\{CO\}_\infty$, т.е. тем выше эффективность газодинамической завесы по дожиганию $\Theta = 1 - \{CO\}_\infty/\{CO\}_0$ и более высоким является коэффициент

дожигания оксида углерода над ванной $\eta = CO_2/(CO+CO_2)$.

Если дожигание отсутствует ($\{CO\}_\infty=\{CO\}_0$), то параметры Θ и η равны 0. И наоборот, если струи ГДЗ обеспечивают полное дожигание оксида углерода над ванной ($\{CO\}_\infty=0$), то Θ и η равны 1.

Относительная концентрация оксида углерода при организации дожигания его кислородом определяется в существенной мере газодинамическими свойствами системы струйной ГДЗ и, в частности, коэффициентом массопереноса β_{CO} и температурой. Текущее значение $\{CO\}_\infty$ равно разности $\{CO\}_0$ и $\{CO\}_S$. Полагаем, что оксид углерода, подсосанный в струю, окисляется полностью, тогда изменение концентрации СО в объеме конвертера вне системы ГДЗ можно выразить следующим образом (%/с):

$$-\frac{d\{CO\}_\infty}{dt} = b_{CO} \times \frac{S_{пов}}{V_K} \times \left(\{CO\}_0 - \{CO\}_S\right), \quad (1)$$

где β_{CO} – коэффициент массоотдачи, м/с; $S_{пов}/V_K$ – отношение поверхности контакта струй ГДЗ с атмосферой к объему конвертера, м$^{-1}$; τ – время взаимодействия струй ГДЗ с атмосферой, с.

После интегрирования выражения (1) получим, %:

$$\{CO\}_\infty = \{CO\}_S + \left(\{CO\}_0 - \{CO\}_S\right) \times exp\left(-b_{CO} \times \frac{S_{пов}}{V_K} \times t\right). \quad (2)$$

Таким образом, текущее значение $\{CO\}_\infty$ в конвертере зависит от параметров газодинамической завесы и коэффициента массоотдачи. Компонента $\{CO\}_0$ определяется расчетом или экспериментально и зависит от скорости обезуглероживания конвертерной ванны v_C, а величина $\{CO\}_S$ определяется эмпирическим путем.

Коэффициент β_{CO} находим из соотношения турбулентного числа Шервуда (Sh_T) и эквивалентного числа Рейнольдса (Re_T) для системы струйных потоков ГДЗ. Можно применить следующее обобщенное критериальное уравнение для потока массы в поперечном сечении турбулентной струи:

$$Sh_T = A \times Re_T^n \times Sc_T^m, \quad (3)$$

где $Sc_T = \varepsilon_T/Д_T$ – число Шмидта; ε_T – коэффициент турбулентной вязкости газа, который для основного участка турбулентной осесимметричной струи находится как: $\varepsilon_T = 0.031 \cdot \omega_C \cdot d_C$, м^2/с; d_C – диаметр сопла, м; $Д_T$ – коэффициент турбулентной диффузии, м^2/с; $Re_T = \omega_C \cdot l/v_T$ – число Рейнольдса; ω_C – скорость потока газа, м/с; l – характерный размер, м.

Для условий массопередачи в осесимметричной струе величины показателей степеней равны n=0.8 и m=0.33. С учетом этого выражение (3) примет вид:

$$Sh_T = A \times Re_T^{0.8} \times Sc_T^{0.33}. \quad (4)$$

Коэффициент A определяется экспериментально.

Турбулентное число Шервуда можно выразить следующим образом:

$$Sh_T = b_{CO} \times l_C / Д_T, \quad (5)$$

где l_C – длина оси струи в системе ГДЗ, м.

Приравняв уравнения (4) и (5) и решив относительно A, получим:

$$A = b_{CO} \times \frac{l_C}{Д_T \times Re_T^{0.8} \times Sc_T^{0.33}}. \quad (6)$$

Площадь поверхности струйной ГДЗ в первом приближении определяется как площадь боковой поверхности усеченного конуса с высотой H_C:

$$S_{ПОВ} = \frac{p}{2} \times \frac{H_C}{\cos a} \times \left(D_{max} - d_Ф\right), \quad (7)$$

где D_{max} – диаметр зоны продувки, м; $d_Ф$ – диаметр фурмы, м; α – угол наклона образующей конуса к его высоте.

Значение коэффициента A определяли по данным экспериментов, проведенных на установке горячего моделирования с системой струй ГДЗ. Рассчитанный по полученным результатам коэффициент A равен: A = 0,0435 ± 0,0037.

С учетом вышесказанного, уравнение (4), характеризующее условия массообмена при взаимодействии струйной системы ГДЗ со встречным потоком оксида углерода, примет вид:

$$Sh_T = 0.0435 \times Re_T^{0.8} \times Sc_T^{0.33}. \quad (8)$$

Расхождение между экспериментальными и расчетными значениями коэффициента массоотдачи не превышает 10%.

Таким образом, уравнение (8) можно считать приемлемым для условий дожигания оксида углерода кислородными струями ГДЗ.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕСУЛЬФУРАЦИИ СТАЛИ ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ В АКОС

Харламов Д.А., Конорев А.В., Серкин М.А.
Старооскольский технологический институт (ф) МИСиС, Старый Оскол

Рафинирование металла в ковше основным шлаком служит не только для защиты электрических дуг, но и для уменьшения содержания кислорода и серы, что позволяет проводить более глубокое рафинирование [1,2] металла вне ДСП, в агрегате комплексной обработки стали (АКОС).

При наводке рафинировочного шлака под дуги присаживают от 100 до 200 кг плавикового шпата и около 300 кг извести для плавок [3] арматурного сортамента и около 1000 кг извести для стали ШХ15. Таким образом увеличивают жидкоподвижность и основность шлака; интенсификация перемешивания способствует протеканию металлургических реакций между шлаком и сталью, в первую очередь, десульфурации:

$$[S] + (CaO) = (CaS) + [O].$$

После выпуска из ДСП содержание CaO в шлаке увеличивается, что связано с присадкой извести на АКОС. В результате обработки промышленных данных установлено, что увеличение толщины шлака после присадки извести описывается следующим уравнением:

$$\Delta H_{шл} = 0{,}0035 \cdot G_{изв}, \quad (1)$$

где $G_{изв}$ – количество введенной извести, кг.