

Следующим шагом планируется усложнить модель при помощи пористой поверхности, которая бы имитировала сопротивление всей длины газоохладителя. Надеемся, что это позволит закончить верификацию модели поворотной камеры и приступить к целевому расчету абразивного износа поверхностей газоохладителя.

Список использованных источников

1. Анализ технологических решений для ПГУ с внутрицикловой газификацией угля: монография / Н.А. Абаимов, И.Б. Амарская, В.С. Белоусов [и др.] / под ред. А.Ф. Рыжкова. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 564 с.
2. Gas and particleflow characteristics in the gas reversing chamber of a syngas cooler for a 300 MWe IGCC process/ P. Sangbin, Y. In-Soo, O. Junho, R. Changkook, K. Ja Hyung // Applied Thermal Engineering. 2014. № 70. P. 388-396.
3. Li M.J., Tang S.Z., Wang F.L., Zhao Q.X., Tao W.Q. Gas-side fouling, erosion and corrosion of heat exchangers for middle/low temperature waste heat utilization: A review on simulation and experiment // Applied Thermal Engineering. 2017. № 126. P. 737-761.
4. Modeling and analysis of a syngas cooler with concentric evaporator channels in a coal gasification process / J. Oh, In-S. Ye, S. Park, C. Ryu, S. Ku Park // Korean J. Chem. Eng. 2014. № 31(12). P. 2136-2144.
5. Tabakoff W., Kotwal R., Hamed A. Erosion study of different materials affected by coal ash particles // Wear. 1979. № 52. P. 161-173.

УДК 621.745.343

В. И. Матюхин, А. В. Хандошка, С. Я. Журавлев, А. В. Матюхина
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ТЕПЛОВАЯ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКАЯ РАБОТА В МИНЕРАЛОВАТНОЙ ВАГРАНКЕ

Аннотация

Главным агрегатом для получения минерального расплава в промышленности является вагранка, строение которой характеризуется простотой изготовления и обслуживанием, высокой удельной производительности (до 100–150 т/м² сутки), высокой степени расходования тепла, непрерывность процесса плавки и экономичностью. Строение агрегатов отличается нерациональностью профиля рабочего пространства, неудовлетворительное состояние тепловой и газодинамической работы, отсутствие реальных способов воздействия на процесс плавления, обеспечивая получение расплава в количестве не выше 3т/ч, среднем удельном расходе кокса до 240–270 кг/т и уровне температуры перегрева не более 1350–1400 °С.

Исследования тепловой и газодинамической работы минераловатной вагранки на основании расчетов зональной балансовой модели показали, что получение минерального расплава

протекает в условиях существенной неравномерности распределения температуры слоя, состава газовой фазы и условий теплообмена как по высоте слоя, так и в поперечном сечении агрегата.

Ключевые слова: вагранка, неравномерность распределения температур и состава газов, условия теплообмена.

Abstract

The main aggregate for the production of mineral raw materials in industry is a dome whose structure is characterized by ease of manufacturing and packaging, high specific productivity (up to 100–150 tons per day), high heat consumption, continuous melting and economy. Moderate and uneven state of thermal and gas dynamic work, absence of real methods of influence on the melting process, obtaining of funds in an amount not exceeding 3 tons per hour, average specific divergence of coke up to 240–270 kg / ton and superheat temperature not more than 1350–1400 °C.

Studies of the thermal and gas dynamic work of the dome from mineral wool on the basis of calculations of the zone balance model have shown that the production of the mineral melt occurs under conditions of a significant temperature change, the composition of the gas phase, and the heat exchange conditions both in height and in the cross section of the aggregate.

Key words: cupola, uneven distribution of temperatures and composition of gases, heat exchange conditions.

Технический прогресс в гражданском строительстве зависит от уровня роста промышленности предприятий строительных материалов, их оснащённости современными технологиями, позволяющих оперативно менять условия производства на возрастающие требования стройиндустрии, новые конструктивные решения зданий и сооружений, их эстетический облик, комфортабельность внутренних помещений. Одной из кардинальной системой улучшения качества производимой теплоизоляции на основе минерального сырья является перевод процесса получения волокна из металлургических шлаков на природное минеральное сырьё: силикатные и карбонатные горные породы габбро-базальтового типа, позволяющих обеспечивать значение кислотного модуля не менее 1,5.

Тепловая работа минераловатных вагранок зависит от особенностей распределения и движения в рабочем пространстве как газовой среды, так и материалов. По отношению к другим печам эти агрегаты отличаются [2] значительной поверхностью исходных материалов, подвергающихся тепловой обработке, существенной турбулизацией газового потока при наличии чередующихся местных сопротивлений и резкой смены направления движения газов, возможностью организации высокой степени использования тепловой энергии благодаря эффективной организации теплообмена, относительной простоте конструктивных решений, обеспечивающих надёжность и стабильность реализации технологических приемов.

Основными направлениями совершенствования тепловой и газодинамической работы слоевых металлургических процессов на современном этапе следует считать [3] максимальное использование объёма рабочего пространства агрегатов для её осуществления при наиболее полной реализации теплового и восстановительного потенциалов движущихся газов. В стационарном режиме тепловой работы вагранки весь обрабатываемый слой исходных материалов был поделён условно на 6 технологических зон: сушки, подогрева, плавления, восстановления, окисления и горна. Рассматривая последовательно развитие основных

химических преобразований в слое с учетом завершенности этих процессов в пределах выделенных зон, были определены закономерности преобразования материальных потоков, их химического состава и температуры по высоте печи как для твердой и жидкой фазам, так и для газов. Полученные результаты представлены на рис. 1.

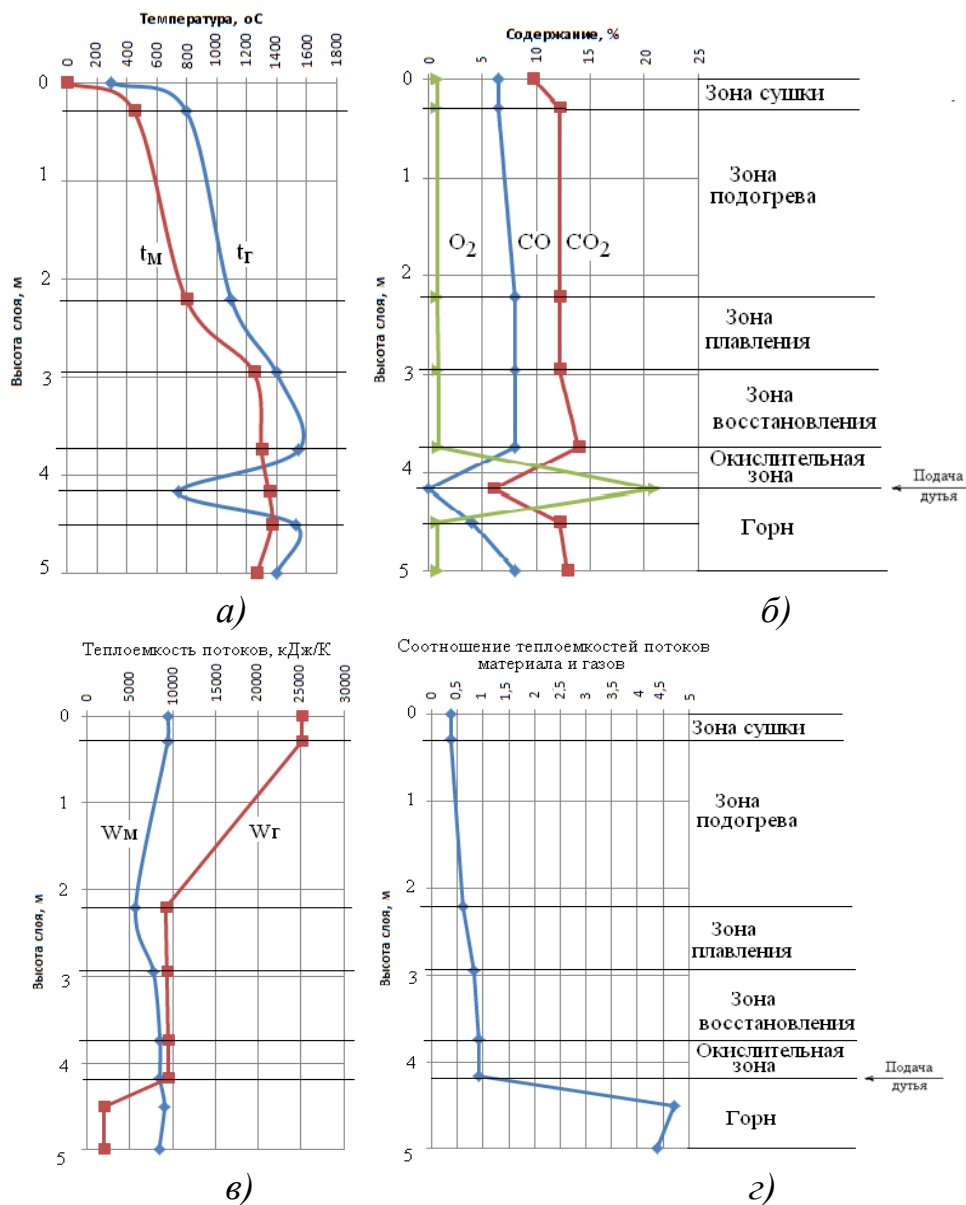


Рис. 1. Схема развития ваграночного процесса при плавке минерального сырья при изменении температуры материала и газа (а), содержания газовых компонентов (б), теплоемкостей потоков материалов и газов (в) и соотношения теплоемкостей потоков (г)

При получении минерального расплава в вагранках с использованием литейного кокса исходные твердые компоненты, проходя последовательно через технологические зоны, расплавляются с образованием жидкого расплава требуемого состава и температуры (рис. 1, а). Необходимый запас теплоты обеспечивается сжиганием кокса при вдувании холодного воздуха через ровно располо-

женных фурм по периметру рабочего пространства в верхней части горна. Первоначальный состав газа в районе фурм содержит продукты горения кокса – CO_2 , CO , остаточный кислород и азот (рис. 1, б). По мере движения газы принимают участие в развитии окислительно-восстановительных процессов в контакте с материалами, а также насыщаются парами воды, полученной в результате разложения гидратной и гигроскопической влаги сырья, что снижает концентрацию CO_2 и CO .

Главным видом передачи теплоты от нагретого газа к материалам в вагранке является конвективный теплообмен, усложненный при нагреве термически массивных шихтовых материалов явлениями теплопроводности. В условиях противоточного движения газов и материалов в вагранке удаление влаги в верхних слоях шихты практически не меняет значения теплоемкости основных материальных потоков, так как, с одной стороны, этот процесс уменьшает расход твердых компонентов, а с другой – возрастает теплоемкость материалов по мере повышения температуры их подогрева. В этом случае теплоемкость потока материалов на колошнике определяется по расходу шихтовых материалов и их теплоемкости. При переходе шихты в зону подогрева в ней формируются процессы разложения гидратов и карбонатов, что уменьшает удельный расход шихты, но увеличивает ее теплоемкость. В этой зоне вагранки теплоемкость потока газов увеличивается за счет выделения газовых образующих при термическом разложении гидратов и карбонатов компонентов шихты (рис. 2, а). В целом до зоны плавления соотношение теплоемкостей потоков в шахте печи, уменьшаясь, остается меньше единицы $m = (W_M / W_G) < 1$ (рис. 2, б), что указывает на завершенность процессов теплообмена между газами и материалами в этой части вагранки.

В нижней части вагранки завершаются процессы расплавления компонентов шихты и перегрева расплава, протекающие со значительным поглощением тепла. По мере проникания материалами зоны плавления, восстановительной и окислительных зон объем расплава увеличивается, а теплоемкость потока шихты за счет развития эндотермических процессов возрастает близко к нижней границе окислительной зоны (рис. 2, а). Теплоемкость же потока газов при их движении от фурм до конца зоны плавления практически не видоизменяется.

Область пониженной газопроницаемости слоя на минераловатной вагранке растягивается на все сечение агрегата по направлению завалки шихты с получением окружной и радиальной неравномерности распределения газов. С течением времени средняя температура слоя на уровне засыпи при переплаве минерального сырья (рис. 2, а) последовательно возрастает и через примерно 4 минуты достигает своего максимума. Далее ее значения снижаются за счет перехода характера движения газов вдоль газовых струй и вблизи центральной части агрегата. Общее же изменение средней температуры слоя между завалками для минераловатной вагранки составляет 11 % от среднего ее значения.

Степень развития окружной неравномерности (рис. 2, б, 1) с течением времени при работе минераловатной вагранки постепенно снижается в течение пер-

вых 2 минут примерно в три раза. Характер изменения радиальной неравномерности распределения газов зависит от вида переплавляемого материала (рис. 2, б, 2) и определяется условиями распределения воздушного дутья по сечению агрегата. Между завалками порций шихты (рабочими колошами) при использовании минеральной шихты отмечается первоначальное возрастание радиальной неравномерности не более чем на 10–20 % от среднего значения. Получение минимального значения радиальной неравномерности определяет условия перехода режима движения газов с периферийного на центральный ход, когда основные процессы газодинамики и теплообмена в слое концентрируются в центральной части агрегата.

Условия теплообмена в шахтных агрегатах между газами и материалами в верхней ступени теплообмена сразу после завалки доходит фактически к абсолютному завершению с получением минимальной температуры отходящих газов и соотношении $\frac{W_M}{W_T}$ близком к единице (рис. 2, в). По мере прогрева слоя условия теплопередачи от газов изменяется к худшему с уменьшением соотношения теплоемкостей потоков материала и газов до 0,85 и возрастанием температуры отходящего газового потока. Дальнейший переход с преимущественно периферийного режима движения газов к центральному по мере разогрева слоя определяет возрастание значений этого соотношения за счет смещения зоны интенсивного теплообмена ближе к центру и сокращения ее объема.

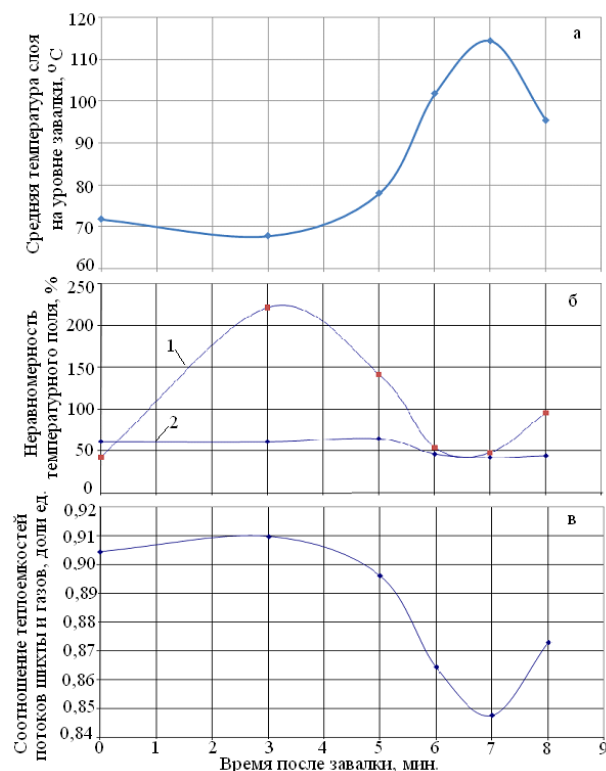


Рис. 2. Изменение средней температуры слоя на уровне засыпи (а), окружной (1) и радиальной (2) неравномерности распределения газов (б), соотношения теплоемкостей потоков шихты и газов (в) в процессе нагрева минеральной шихты

Выводы:

1. Расчетным и экспериментальным путем установлено, что тепловая работа минераловатной вагранки протекает в режиме существенной неравномерности распределения температуры слоя, состава газовой фазы и условий теплообмена как по высоте слоя, так и в поперечном сечении агрегата.

2. В процессе получения минерального расплава в вагранке наблюдается постепенный переход с периферийного режима движения газов ближе к центральному, при котором горение кокса происходит преимущественно вдоль струй воздуха и в центральной части слоя.

Список использованных источников

1. Жилин А.И. Минеральная вата / Под ред. В.А. Китайцева. – М.: Промстройиздат, 1953. – 236 с.

2. Селянин И.Ф., Феоктистов А.В., Бедарев С.А. Теория и практика интенсификации технологического процесса в шахтных агрегатах малого диаметра. – М.: Теплотехник, 2010. – 379 с.

3. Гордон Я.М. Тепловая работа шахтных печей с плотным слоем / Я.М. Гордон [и др.]. – М.: Металлургия, 1989. – 120 с.

УДК 666.9

Е. А. Морозова, В. И. Матюхин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ОБОЖЖЕННЫХ ПРОБ МЕЛА

Аннотация

Основной задачей исследований устанавливалось оценить возможность использования подготовленной меловой вскрыши в качестве заменителя известняка и установить характер воздействия меловых добавок на развитие основных физикохимических преобразований в структуре обжигаемых железорудных окатышей. Выполненные дериватографические исследования с получением кривых сканирующей калориметрии при скорости нагрева 5 град/мин показали, что процесс разложения мела интенсивно начинает развиваться при температурах выше 709 °С и заканчивается уже при температуре около 798 °С. При этом общая глубина разложения минеральной основы достигает 43,87 % с образованием свободной извести.

На основании выполненных исследований установлены температурно-временные условия получения мела с различной степенью завершенности процесса декарбонизации. Ее анализ показывает, что с увеличением степени декарбонизации проб мела содержание активных оксидов Са и Mg непрерывно возрастает. Полученные данные показывают, что с увеличением степени завершенности процесса декарбонизации меловых проб их конечная температура га-