

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И АНАЛИЗА СТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ТИПА

Р.В. Манаев

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Б.А. Верига

В большинстве источников указывают на то, что в настоящее время на многих предприятиях по производству стекла контроль за показателями стехиометрии в регенеративных печах ведётся крайне плохо, замеры делаются вручную, максимум, один раз в неделю, а иногда – и в месяц, обыкновенным газоанализатором. И если для печей с небольшим объёмом производства (до 300 т в сутки) потери будут небольшими, то для печей с объемом производства до 800 т в сутки, и больше, потери уже становятся значительнее. Для примера на ОАО «Гомельстекло» емкость печи 3 000 тонн, объём выхода стекломассы 800 тонн в сутки, если происходит нарушение каких-либо из технологических параметров, то как минимум несколько суток стекло идёт в бой, и завод несёт большие потери.

В последнее время стали актуальны вопросы экологической безопасности. Основными вредными выбросами с продуктами сгорания стекловаренных печей являются оксиды азота, оксид углерода и пыль. В таблице приведены предельные нормы концентрации оксидов азота в продуктах сгорания для тепловых агрегатов.

Тепловые агрегаты	Номинальная тепловая мощность, МВт	Предельная норма концентраций NO _x мг/м ³
Регенеративные стекловаренные печи	7,0 – 40,0	2500
Проходные нагревательные печи металлургической промышленности	7,0 – 65,0	760
Котлы паровые	—	420
Трубчатые печи:		
Шатровые: подогрев продукта до 400 °С	3,0 – 80,0	600
Коробчатые: подогрев продукта до 500 °С	10,0 – 180,0	420

Если сравнить нормы по выбросам оксидов азота для регенеративных стекловаренных печей с нормами других газогорелочных печей, то можно заметить, что наибольшие нормы, как раз для стекловаренных печей, что говорит о том, что в имеющихся стекловаренных печах условия способствуют образованию значительных количеств NO_x, а с другой – что существуют резервы по снижению выбросов данного типа.

В результате исследований было найдено, что концентрация NO_x в продуктах сгорания зависит от температуры и показателя стехиометрии. На рис. 1 приведен график зависимостей.

Как видно из графика, концентрации NO_x от температуры имеет квадратичную зависимость и при росте температуры увеличивается, но температура внутри печи

должна строго поддерживаться на определённом уровне, согласно заданной температурной кривой, а вот зависимость NO_x от α (коэффициент стехиометрии) имеет нелинейный характер и при строгом контроле этого показателя можно добиться снижения выбросов. При $\alpha < 1$ (когда воздуха подаётся меньше чем газа) концентрация NO_x снижается, а при $\alpha > 1$ концентрация растёт до макс и при некотором значении α опять начинает снижаться.

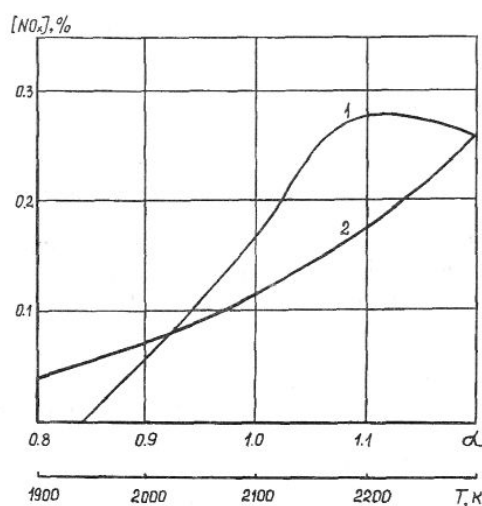


Рис. 1. Зависимость концентрации NO_x от температуры и коэффициента стехиометрии

В зависимости от соотношения топливо – воздух в печи создаётся определённая среда, окислительная или восстановительная. И задаётся распределение температурной кривой по всем зонам стекловаренной печи.

Согласно исследованиям компаний Пилкингтон и Пи-Пи-Джи, среда горения вблизи стекломассы не должна быть субстехиометрической, так как происходит замутнение стекломассы, но возможно создание определённых условий, при которых среда в печи может быть близкой к субстехиометрической и не оказывать влияния на качество получаемого стекла, но для этого необходимо жестко контролировать стехиометрию внутри печи.

Также жесткий контроль стехиометрии внутри печи необходим и потому, что в стекловаренных печах среда горения должна распределяться равномерно:

- у загрузочного кармана среда более восстановительная, так как в данной зоне необходимо восстановление Na_2CO_3 , которая при невысокой температуре начинает плавиться и плохо влияет на качество получаемой стекломассы;

- в квельпункте среда переходит от окислительной к восстановительной (на этом участке необходимо достижение максимальной температуры);

- в зоне, где происходит студка, необходимо поддерживать окислительную среду по причине присутствия в стекломассе FeO , который влияет на цветовые параметры получаемого стекла, его необходимо окислять до Fe_2O_3 , который не изменяет цвет получаемого стекла.

Температурный режим печи зависит от температуры факела пламени и ее распределения по длине факела. Для установления стационарного температурного режима газовой среды в печи необходимо регулировать количество и соотношение топлива

и воздуха, подаваемого в печь, тщательно их смешивать и своевременно отводить отходящие дымовые газы.

При изучении свойств факела в стекловаренных печах, были получены данные, показывающие, что самое эффективное выделение теплоты происходит именно на стехиометрической длине факела (от среза сопла до точки, когда коэффициент расхода воздуха на оси струи пламени $\alpha = 1$).

С помощью определённого распределения температур по зонам (рис. 2) задают направление движения потоков стекломассы, что играет важную роль в процессе получения качественной стекломассы. Отдельные стадии процесса стекловарения следуют в определенной последовательности по длине печи и требуют создания необходимого температурного режима газовой среды, который должен быть строго неизменным во времени, недопустимо смещение температурной кривой, так как оно приводит к изменению внутренних потоков стекломассы и значительно ухудшает качество получаемого стекла.

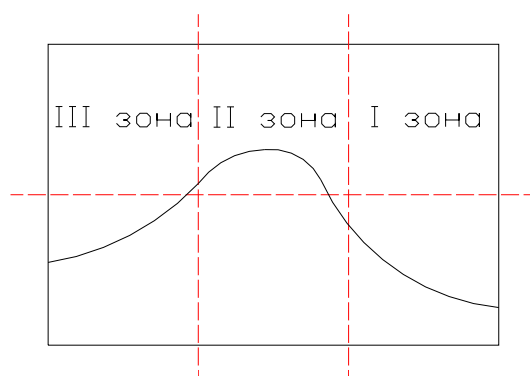


Рис. 2. Распределение температурной кривой по зонам нагрева

Система, следящая за содержанием свободного кислорода в отходящих продуктах горения, строится на применении циркониевых трубок в качестве датчиков, расположенных напротив каждой из горелок, что позволит более точно определить среднюю температуру в каждой из зон горелок. Данная система также должна следить за распределением температурной кривой внутри стекловаренной печи, используя термопары установленные внутри печи, и длиной факела с помощью датчиков спектрального анализа.

В зависимости от полученных результатов система обеспечивает управление смешиванием топлива и воздуха, согласно измеренным значениям и технологическим параметрам.

Для достижения наилучших показателей система, анализируя накопленные значения, должна моделировать получаемый эффект при изменении параметров стехиометрии и распределения температурной кривой. Для этого необходимо разработать математическую модель, описывающую зависимость качества стекла от стехиометрии и распределения температур, а на её основе создать программную модель, описывающую влияние показателей стехиометрии и распределения температур на качество получаемого стекла для прогнозирования показателей качества вырабатываемого стекла и анализа состояния технологического оборудования. Это очень важно при плавлении стекла в больших стекловаренных печах, так как при изменении параметров в таких печах полученный эффект от этого изменения будет проявляться только через некоторое время, в зависимости от объёма стекловаренной печи.

Л и т е р а т у р а

1. Гущин, С.Н. Моделирование и управление тепловой работой стекловаренных печей /С.Н. Гущин, В.Г. Лисиенко, В.Б. Кутьин. – Екатеринбург: [б. и.], 1997.
2. Макаров, Р.И. Автоматизация производства листового стекла /Р.И. Макаров, Е.Р. Хорошева, С.А. Лукашкин. – М.: АСВ, 2002.
3. Пат. 5,851,256 США. МКИ С03В 005/235. Методы снижения эмиссии NO_x для стекловаренных печей регенеративного типа / Quirk; Richard (GB); Pilkington Glass Limited. – № 686369; заявл. 25.11.93; опубл. 27.03.98.