

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Е.Я., Бунин В.С., Литвина С.З. Методика расчета переменных режимов работы теплофикационных турбин с многоступенчатым подогревом сетевой воды // *Электр. станции.* — 1970. — № 10. — С. 35–39. 2. Качан А.Д. Режимы работы и эксплуатации тепловых электрических станций. — Минск, 1978. — 278 с.

УДК 66.047

Ю.А.МАЛЕВИЧ, канд.техн.наук,  
В.П.МИХАЛЕВ (БПИ)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА СУШКИ ФАРФОРОВЫХ ИЗДЕЛИЙ В СУШИЛЬНО-ФОРМОВОЧНЫХ АГРЕГАТАХ ТИПА ЛСФ-6

Сушка является одной из наиболее ответственных операций при изготовлении фарфоровых изделий пластического формования. Она требует определенного режима допускаемых безопасных скоростей и температуры нагрева изделий.

Развитие сушильной техники в производстве фарфоровых изделий сейчас направлено на создание установок с непрерывным процессом сушки, применение новых эффективных и комбинированных способов энергоподвода, совмещение в одном агрегате процессов сушки и обжига изделий, разработку и осуществление импульсных режимов сушки, разработку оптимальных скоростных режимов сушки применительно к каждому виду изделий, рациональное использование вторичных энергоресурсов [ 1 ].

Из действующих сейчас в промышленности линий для изготовления чашек наиболее эффективна линия фирмы "Сервис" (Англия) [ 2, 3 ]. Она снабжена подвальночным сушилом с однорядным карусельным устройством, в гнездах которого размещаются 36 гипсовых форм. Формы с изделиями попадают под насадки сушильной камеры, через которые внутри изделий подается воздух, нагретый до 400–450 °С продуктами сжигания газа.

Отечественный сушильно-формовочный агрегат ЛСФ-6 снабжен сушилом с однорядным цепным транспортером с 72 позициями для гипсовых форм и трехъярусной сушильной камерой. Средняя температура газовой смеси, которая подается в полость изделий, равна 300 °С. Время сушки фарфоровых чашек с влагосодержанием от 26,5 до 21,5 % составляет 2,5–3 мин. Производительность агрегата равна 1200 шт/ч. Подача теплоносителя предусмотрена только со стороны открытой поверхности изделий. Энергоподвод к форме невозможен из-за низкой термической стойкости гипсовых форм.

Пористые металлические формы на основе бронзы, обладающие хорошими термическими свойствами (тепло- и теплопроводностью, термической стойкостью), позволяют применять двусторонний энергоподвод к системе пористая металлическая форма — фарфоровое изделие. В качестве теплоносителя, подводимого со стороны формы, целесообразно использовать нагретый воздух или газо-воздушную смесь, имеющую температуру 300–400 °С.

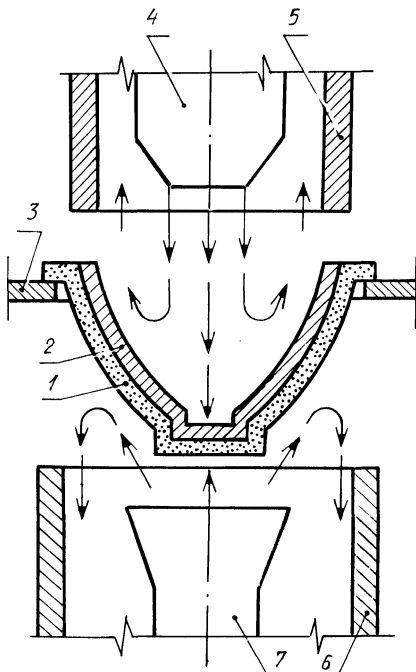


Рис. 1. Схема двустороннего энергоподвода к системе пористая металлическая форма-изделие

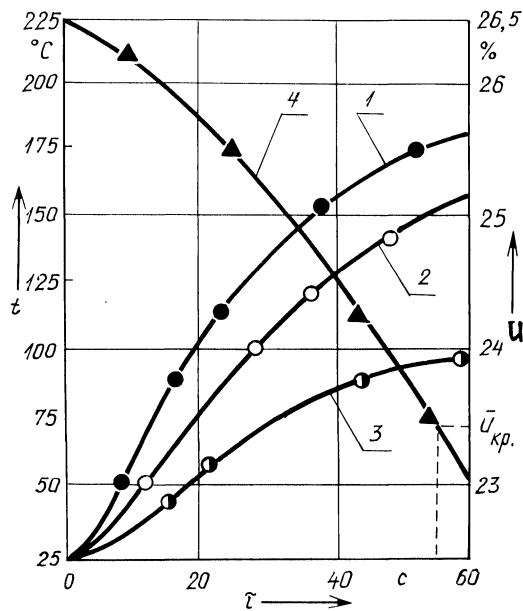


Рис. 2. Кривые кинетики сушки фарфорового изделия в пористой металлической форме.

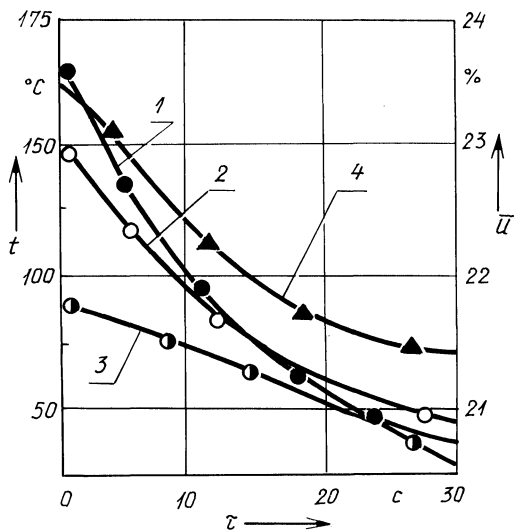


Рис. 3. Кривые изменения температуры и влагосодержания фарфорового изделия в процессе воздушного охлаждения.

В технологической цепи производства фарфоровых изделий имеется использованный энергоноситель, обладающий таким тепловым потенциалом, — уходящие газы из туннельных печей обжига. Исследование возможности использования уходящих газов из печей обжига для сушки фарфоровых изделий было проведено на промышленно-экспериментальной газовой сушильной установке. Энергоподвод к системе металлическая форма — изделие осуществляется по схеме, представленной на рис. 1. Металлическая форма 1 с изделием 2 находится в гнезде подвижной плиты 3. В полость изделия через сопло 4 со скоростью 1,3 м/с подается газовоздушная смесь с температурой 300 °С. Отраженный поток теплоносителя вместе с образующимся водяным паром всасывается через патрубок 5. Со стороны формы через сопло 7 подается газовоздушная смесь со скоростью 1,5 м/с и температурой 350 °С. Вытяжка паровоздушной смеси производится через патрубок 6. Отработанный теплоноситель может подаваться на рециркуляцию. Толщина изделия и формы равна 3,5 мм. В результате исследования были получены кривые кинетики сушки фарфоровых изделий в пористой металлической форме.

На рис. 2 представлена зависимость температуры  $t(\tau)$  в различных сечениях системы форма—изделие и среднего влагосодержания изделия от времени в процессе сушки. Кривые 1—3 описывают соответственно изменение средней температуры формы, слоя фарфора, прилегающего к открытой поверхности чашки и температуры в среднем ее сечении. Кривая 4 описывает изменение среднего влагосодержания в процессе сушки фарфорового изделия  $u(\tau)$ . Через 55 с после начала энергоподвода происходит отделение изделия от формы. К этому моменту изделие достигает критического влагосодержания  $u_{кр} = 23,4\%$ . Температура формы доходит до 175 °С, температура поверхностно-слоя изделия — до 150 °С. Процесс энергоподвода прекращается.

Следует учитывать, что температура изделия и формы после сушки очень высокая. Поэтому во избежание технологических потерь на последующей формовке температура формы должна быть понижена до 50—60 °С. Поскольку изделие после отделения от формы проходит стадию технологической обработки, связанную с его ручной перестановкой, требуется и соответствующее охлаждение изделия.

Конструкция промышленно-экспериментальной сушильной установки предусматривает наличие позиции для охлаждения системы форма—изделие после сушки. Схема воздушного охлаждения аналогична схеме нагрева. Вытяжка паровоздушной смеси отсутствует при охлаждении. Скорость охлаждающего воздуха, подаваемого на форму, составляет 8—9 м/с, на изделие — 6 м/с. Изделие и форма охлаждаются до необходимых температур за 25—30 с. Кривые охлаждения (1—3) и кривая сушки (4) изделия в процессе охлаждения представлены на рис. 3. Влагосодержание изделия уменьшается вследствие перераспределения влаги по сечению, выноса ее к поверхностям и испарения за счет тепла, аккумулированного формой и изделием в процессе энергоподвода. Снижение влагосодержания в процессе охлаждения необходимо учитывать в том случае, если значение влагосодержания после сушки задается по технологии. Подсушка изделия при его охлаждении может способствовать сокращению длительности энергоподвода.

Процесс сушки и охлаждения длится 75—80 с. Это значит, что использование пористых металлических форм вместо гипсовых и увеличение интенсивно-

сти энергоподвода к системе форма—изделие позволяют более чем в 3 раза сократить чистое время сушки изделий и в 2,2—2,5 раза сократить длительность технологического процесса (обработки изделия в сушильно-формовочном агрегате).

Модернизация действующей сушильной установки предусматривает монтаж коллекторов энергоподвода и охлаждения с насадками для подачи газозвушной смеси и воздуха, а также размещение дополнительных тяго-дутьевых устройств. При этом производительность сушильно-формовочного агрегата существенно увеличивается.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Булавин Н.А. Теплотехника в производстве фарфора и фаянса. — М., 1972. — 12. — 440 с. 2. А. с. Англия 1.124.291. F26B15/00 1968. 3. Туманов Н.С. Автоматизированная линия для производства полых фарфоровых изделий // Стекло и керамика. — 1971. — № 7. — С. 43—45.

УДК 662.6.004.14

Е.Г.МИГУЦКИЙ, канд.техн.наук,  
Д.А.ХУДОЛЕЙ (БПИ)

### ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

При разработке вопросов утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) наряду с организационными и техническими задачами необходимо искать пути создания оптимальной системы использования ВЭР. Наличие на предприятии нескольких потребителей тепла ВЭР, их разных температурный режим работы позволяет при использовании вторичных энергоресурсов иметь несколько вариантов построения системы утилизации.

Основным видом тепловых ВЭР на машиностроительных предприятиях является тепло дымовых газов от нагревательных и термических печей, утилизацию которого целесообразно осуществлять последовательно ступенчатым использованием [1, 2]. Это позволит наиболее полно использовать энергетический потенциал топлива.

Системы утилизации тепла уходящих газов представляют собой совокупность блоков, связанных между собой материальными и энергетическими потоками таким образом, что выходные переменные одних блоков оказываются входными параметрами других. Здесь, как правило, существует влияние каждого блока на общий критерий оптимизации.

В качестве критерия оптимизации для систем утилизации используется показатель приведенного дохода [3]:

$$D = \sum_{i=1}^n \Pi_i G_i - \sum_{i=1}^n S - E_n K ,$$

где  $\Pi_i$  — цена утилизируемой энергии  $i$ -й установки, руб./МДж;  $G_i$  — годовой