

Тепловая производительность котла при работе четырех новых горелок составила 35 МВт против 25 МВт (при работе на четырех заводских горелках).

ЛИТЕРАТУРА

1. Христианович С.А., Масленников В.М., Выскубенко Ю.А. Защита атмосферы от вредных выбросов тепловых электростанций методом внутрициклового газификации высокосернистых мазутов. — Теплоэнергетика, 1974, № 11, с. 52–55. 2. New process gasifiel highsulfur resid. — Electrical World, 1973, N 3, p. 30–32. 3. Андрющенко А.И., Альтшулер В.С., Попов А.И. Эффективность использования высокосернистых мазутов путем их предварительной газификации и высокотемпературной очистки на ТЭЦ. — Изв. вузов. Энергетика, 1971, № 3, с. 46–51. 4. А.с. 964350 (СССР). Газомазутная горелка/Г.И.Жихар, В.П.Крупнов, Н.Б.Карницкий. — Оpubл. в Б.И., 1982, № 377.

УДК 66.047

В.П.МИХАЛЕВ (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КИНЕТИКИ СУШКИ ФАРФОРА В ФОРМАХ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА

Использование пористой металлической формы (пористость 30 %) из сферического бронзового порошка позволило перейти на высокотемпературные режимы сушки фарфоровых изделий. Качество сушки (равномерная усадка материала, устойчивость к трещинообразованию и короблению) находится в прямой зависимости от распределения по сечению температуры и влагосодержания высушиваемых изделий. Следовательно, кинетика полей температуры и влагосодержания, определяемая механизмом переноса влаги и тепла, является решающим фактором для характеристики оптимальных режимов сушки и прогнозирования качества готовых изделий. Сушка фарфоровых изделий в порошковых металлических формах может осуществляться различными способами. Тепловой поток со стороны формы подводится к изделию кондуктивно. Со стороны свободной поверхности изделия он может подводиться излучением, конвекцией либо комбинированно.

В результате экспериментальных исследований, проведенных автором, были получены кривые кинетики сушки фарфоровых изделий в формах из металлического порошка БрОФ-10-1 при различных способах энергоподвода.

На рис. 1 представлены характерные кривые кинетики инфракрасной сушки фарфорового полуфабриката на пористой металлической форме в среде с температурой 200 °С. Толщина слоя фарфора 3,5 мм, толщина формы 3 мм. Кривая сушки имеет ярко выраженный период прогрева, который составляет до 20 % продолжительности первой сушки (подвялки) изделий при данных условиях.

Влагосодержание фарфора $\bar{U}_{отд}$, при котором усадка достигает значения, необходимого для свободного отделения изделия от формы, находится в пределах 0,205–0,210 кг/кг. Первая критическая влажность $\bar{U}_{кр.1}$, соответствующая окончанию усадки изделия, составляет 0,180–0,185 кг/кг. На этом же рисунке представлены температурные кривые, отражающие изменение темпера-

туры различных сечений системы форма—изделие в процессе сушки. Кривая 1 соответствует сечению формы, отстоящему на 0,3 мм от наружной поверхности; кривая 2 — на 0,3 мм от рабочей поверхности формы. Кривые 3–5 описывают изменения температуры сечений изделий, отстоящих на 1, 2 и 3 мм от поверхности контакта с формой. Температура в различных сечениях изделия неодинакова. Температурный градиент формы в период прогрева незначителен. Это объясняется высоким коэффициентом теплопроводности формы (20 Вт/м·К). Градиент температуры в форме возникает с началом испарения на поверхности контакта и сохраняется до отделения изделия от формы.

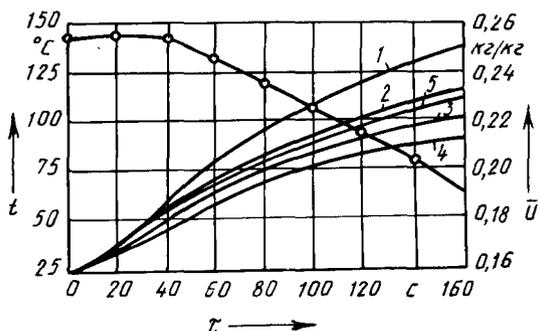


Рис. 1. Кривые кинетики инфракрасной сушки ($t_{\text{суш}} = 200^\circ\text{C}$) фарфора в пористой металлической форме.

В начале процесса сушки максимальную температуру имеет слой открытой поверхности материала. В дальнейшем градиент температуры внутри материала несколько уменьшается за счет интенсивного нагрева формы и выноса влаги к обеим поверхностям высушиваемого изделия. Можно предположить, что в начале процесса происходит диффузия влаги в форму и зона испарения находится у поверхности формы. При достижении формой температур, близких к 100°C , испарение идет уже с рабочей поверхности изделия, и пар диффундирует через капиллярный скелет формы. В целом градиенты температуры и влагосодержания по сечению изделия невелики.

На рис. 2 представлены кривые кинетики сушки фарфоровых изделий в камерной сушилке при температуре среды 500°C . Кривая сушки здесь имеет несколько иной вид. Во-первых, отсутствует период прогрева. Удаление влаги идет с высокой скоростью, близкой к постоянной. Затем скорость удаления влаги возрастает, и на кривой сушки появляется перегиб. Это может быть объяснено тем, что усадка достигает значения, с которого начинается отделение изделия от формы и образование зазора в зонах с минимальной адгезией материала изделия к пористой форме, либо (в идеальном случае) по всей поверхности контакта. Сопротивление потоку пара со стороны формы значительно уменьшается, и, следовательно, интенсивность испарения увеличивается. Характер температурных кривых подтверждает такое предположение. Температура сечения материала, наиболее близкого к поверхности контакта (кри-

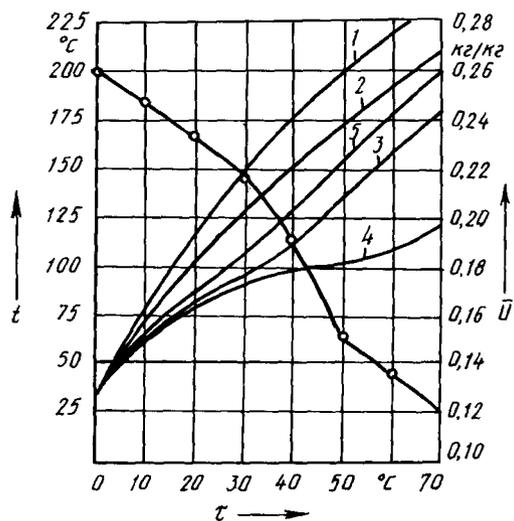


Рис. 2. Кривые кинетики инфракрасной сушки ($t_{\text{суш}} = 500^\circ\text{C}$) фарфора в пористой металлической форме.

вая 3), в процессе сушки незначительно отличается от температуры центрального слоя (кривая 4).

В момент образования воздушного зазора между изделием и формой начинается резкий подъем температуры контактного слоя изделия, связанный с углублением зоны испарения. Температура центрального слоя остается постоянной. В материале возникают значительные градиенты температуры и влагосодержания. Если условия подвода

тепла не изменяются, начинается процесс трещинообразования материала. Проведение подвялки возможно и при такой высокой температуре с использованием пористой металлической формы, однако либо перед достижением материалом влагосодержания $U_{\text{отд}}$ целесообразно снизить температуру, либо начать охлаждение, в зависимости от технологических требований.

Эксперименты показали, что такой режим инфракрасной сушки близок к предельному, так как дальнейшее повышение температуры среды в сушилке приводит к образованию срединных и краевых трещин до отделения фарфорового изделия от формы. Заметим, что при повышении температуры сушки четко проявляется известный эффект [1, 2] увеличения значения первого критического влагосодержания. При температуре 500°C $\bar{U}_{\text{кр1}} = 0,195-0,200$ кг/кг. Влагосодержание, соответствующее началу отделения изделия от формы, также увеличивается до $\bar{U}_{\text{отд}} = 0,215-0,220$ кг/кг. Длительность подвялки изделий сокращается в 3-3,5 раза по сравнению с первым вариантом инфракрасной сушки и составляет 35-40 с.

Интересным представляется использование комбинированной сушки. На рис. 3 представлены кривые сушки фарфорового полуфабриката в порошковой металлической форме при следующем температурном режиме: со стороны формы — радиационный нагрев с температурой 300°C , со стороны изделия —

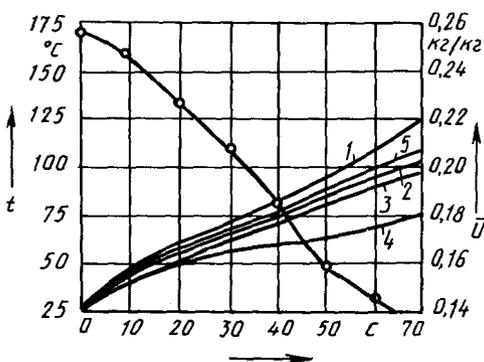


Рис. 3. Кривые кинетики комбинированной (радиационно-конвективной) сушки фарфора в пористой металлической форме.

обдув нагретым до 150°C воздухом со скоростью $1,5$ м/с. Кривая сушки комбинированной имеет вид, схожий с кривой при высокотемпературном радиационном нагреве. $\bar{U}_{\text{отд}} = 0,205-0,210$ кг/кг, а $\bar{U}_{\text{кр.1}} = 0,185-0,190$ кг/кг. Температурные кривые характеризуются небольшими градиентами температуры по сечению материала. Скорость сушки достаточно велика за счет турбулизации пограничного слоя у открытой поверхности изделия, улучшающей условия испарения влаги.

Положительным фактором является общий невысокий уровень температуры изделия. Использование обдува формы не дает существенного эффекта. Исследование кривых кинетики сушки позволяет установить механизм переноса тепла и влаги в системе форма—изделие, проследить за характером изменения показателей, оказывающих решающее воздействие на качество сушки. Сравнивая результаты, полученные для различных методов и режимов, можно определить оптимальные параметры процесса сушки. Для пластических фарфоровых масс, приготовленных на основе Веселовской глины с начальным влагосодержанием $0,26$ кг/кг и толщиной $3,5-4$ мм, можно рекомендовать тепловой режим, характеризующийся радиационным нагревом со стороны формы в среде с температурой до 500°C и конвективным обдувом при температуре $350-400^{\circ}\text{C}$ и скорости теплоносителя $1,5-2$ м/с со стороны открытой поверхности изделия. Для снижения риска трещинообразования следует переходить на низкотемпературный режим либо начинать охлаждение с момента приближения влагосодержания к $\bar{U}_{\text{отд}}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красников В.В. Кондуктивная сушка. — М., 1973. — 288 с.
2. Чижский А.Ф. Сушка керамических материалов и изделий. — М., 1971. — 175 с.

УДК 621.24.536.02

В.И.ТИМОШПОЛЬСКИЙ, канд.техн.наук,
И.А.ТРУСОВА, Ю.А.МАЛЕВИЧ, канд.техн.наук,
Л.В.ШАТОН, канд.техн.наук (БПИ), В.А.ГАРАНЧУК
(Днепродзержинский индустриальный институт)

МЕТОД РАСЧЕТА НАГРЕВА МАССИВНОГО МЕТАЛЛА В КАМЕРНОЙ ПЕЧИ

Изучение температурных полей и расчеты нагрева металла имеют большое значение при исследовании и внедрении высокоинтенсивных и скоростных нагревательных процессов, а также при выборе наиболее рациональных схем и технологий термообработки и т.д.

В данной работе предлагается аналитическое решение нелинейной задачи теории нагрева, которое можно использовать с достаточной оперативностью и точностью для инженерных моделей при расчетах нагрева металла в пламенных печах.