



The different methods of laboratory express-analysis of humidity of agglutinant sands are investigated. The method and device for control of humidity content of different agglutinant sands on the level of microwave electromagnetic pulse consumption are presented.

С. Л. РОВИН, УП «Технолит», М. В. МАМАЕВА, РУП «ГЛЗ «Центролит»,
П. А. КУШЕЛЬ, БНТУ

УДК 621.74

ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ВЛАЖНОСТИ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Влажность формовочных и стержневых смесей является важнейшим параметром, влияющим на абсолютное большинство физико-механических и технологических свойств формовочных и стержневых смесей [1–3]. Вода может являться самостоятельным компонентом связующей композиции как в песчано-глинистых смесях либо может входить в состав одного из компонентов связующей системы в качестве растворителя (жидкое стекло, синтетические водорастворимые смолы, лигносульфонаты и др.).

В первом и во втором случае водосодержание в той или иной степени влияет на прочность, уплотняемость, формуемость смесей в сыром состоянии, на прочность после отверждения и скорость упрочнения, на газотворность смеси и т.д.

Как правило, под влажностью понимают количество слабо связанной капиллярной и адсорбционной влаги (воды), содержащейся в исследуемой смеси, т.е. воды, которую можно удалить при низкотемпературном высушивании (при 105–110 °С).

Контроль и поддержание влажности формовочных и стержневых смесей на оптимальном уровне — одна из важнейших задач, которую постоянно приходится решать в условиях реального производства.

Существующие методы определения и контроля влажности формовочных и стержневых смесей условно можно разделить на прямые методы физического или химического определения влажности и косвенные методы [1–4]. Прямые методы основаны на непосредственном разделении влажного материала на сухое вещество и воду путем сушки либо химическим способом.

Определение влажности методом сушки (путем определения потери массы пробы исследуемого материала после высушивания до постоянной массы при температуре 105–110 °С) является основным методом контроля влагосодержания формовочных и стержневых смесей и регламенти-

руется ГОСТ 23409.5-78 (с изм. от 22.11.1984 г.). Согласно ГОСТ, продолжительность испытаний составляет от 45 мин до 1,0–1,5 ч. Используемые сегодня в большинстве литейных цехов экспресс-методы определения влажности формовочных и стержневых смесей, по сути, являются повторением стандартного метода сушки. При этом сокращение времени испытаний достигается лишь путем уменьшения массы навески и интенсификацией процесса удаления влаги (применяются инфракрасные лампы, продувка смеси горячим сухим воздухом и т.п.). Однако все эти способы позволяют лишь несущественно уменьшить время испытаний до 10–20 мин, причем это без учета времени, необходимого на многократное взвешивание образца до и после сушки.

Косвенные методы контроля предполагают измерение электрических либо электрофизических свойств смеси, функционально связанных с ее влагосодержанием. Соответственно эти методы сравнительно просто могут быть автоматизированы, измеряемая величина легко преобразуется в цифровой сигнал, само измерение происходит практически мгновенно [3, 4].

За последние 20–30 лет было предпринято большое количество попыток создания приборов косвенного контроля влажности формовочных и стержневых смесей путем определения электрического сопротивления или проводимости смесей, электрической емкости, диэлектрической проницаемости, электродвижущей силы и т.п. Однако до сих пор ни один из этих методов не смог в полной мере заменить традиционный метод сушки при определении влажности, ни один из приборов не получил широкого распространения в литейном производстве. Причиной этого являются, с одной стороны, жесткие требования к точности и стабильности измерений (согласно ГОСТ, расхождение между параллельными изме-

рениями влажности не должно превышать 0,1–0,15%) во всем диапазоне определяемых влажностей (от 0,5–1,0 до 6–7%), с другой – большое разнообразие смесей, подлежащих контролю в реальных литейных цехах и соответственно существенные различия в их собственных электрических характеристиках. Так, например, сопротивление песчано-глинистых смесей может изменяться в 2–3 раза только при изменении месторождения используемого песка или бентонита.

В конце 90-х годов в БНТУ на кафедре «Машины и технология литейного производства» в сотрудничестве со специалистами в области радиоэлектроники и СВЧ техники из УП «Технолит» и ООО «Микрорадар-сервис» были начаты исследования возможности применения методов СВЧ влагометрии для измерения и контроля влажности формовочных смесей.

В результате были разработаны приборы и системы автоматического контроля и управления влажностью песчано-глинистых формовочных смесей в процессе их подготовки и приготовления [5, 6].

Дальнейшие исследования при активном участии специалистов РУП «Гомельский литейный завод «Центролит» привели к созданию универсального лабораторного СВЧ влагомера «Микрорадар-101.3» (рис. 1), предназначенного для экспресс-анализа влажности формовочных и стержневых смесей. Основным измеряемым параметром в приборе является ослабление или затухание (N , дБ) микроволнового электромагнитного импульса в исследуемом материале. Благодаря уникальной поглощающей способности воды уровень поглощения (коэффициент затухания) воды (α_w) в диапазоне 3–30 ГГц в десятки, сотни тысяч раз превышает коэффициент затухания большинства обезвоженных материалов, уровень поглощения многокомпонентных дисперсных систем в СВЧ диапазоне может быть представлен следующим выражением [4]:

$$N \approx 8,686\alpha_w W\rho l k_t k_c,$$

где 8,686 – размерный коэффициент пересчета из нипперов в децибелы; α_w – коэффициент затухания (или удельная поглощаемая энергия) воды при установленной частоте излучения; W – относительная влажность исследуемого материала, мас. доля; l – толщина слоя материала, находящегося между антенной излучателем и антенной приемником электромагнитного импульса; k_t – температурный коэффициент (определяет поправку, связанную с изменением уровня поглощения в зависимости от температуры материала); k_c – структурный коэффициент (определяет поправку, связанную с дисперсностью исследуемого материала).

В интервале температур от +10 до +80 °С повышение температуры материала на 1° приводит к относительному снижению поглощающей



Рис. 1. Универсальный лабораторный СВЧ влагомер «Микрорадар-101.3»

способности материала на 0,8–1,0%, причем эта зависимость носит практически линейный характер. В приборе «Микрорадар-101.3» корректировка уровня поглощения исследуемого материала в зависимости от его температуры реализована с помощью включенного в измерительную схему влагомера термодатчика.

Структурный коэффициент начинает играть существенную роль в том случае, когда дисперсность исследуемого материала сравнима с длиной волны СВЧ излучения (~1–3 см). Для формовочных и стержневых смесей он может быть принят равным 1.

Плотность и толщина образца исследуемого материала в приборе «Микрорадар-101.3» определяются и фиксируются высотой измерительной ячейки (15 мм) и способом ее заполнения – тремя ударами лабораторного копра в соответствии с ГОСТ 23409-78.

На рис. 2, 3 представлены результаты исследований уровня поглощения различных песчано-глинистых и жидкостекольных смесей, приготовленных как из свежих формовочных материалов, так и с использованием отработанных и регенерированных смесей, взятых из оборота литейных цехов различных белорусских предприятий. Из рисунков видно, что практически для всех исследованных смесей имеет место монотонная линейная зависимость уровня ослабления от влажностного содержания в рабочем интервале влажностей: от 1–2 до 5–7%. Отклонения от прямой зависимости $N-W$, имеющие место для единичных формовочных смесей, взятых из разных литейных цехов, связаны с присутствием в этих смесях различного количества примесей, обладающих существенной собственной проводимостью в СВЧ диапазоне. К таким примесям относятся углеродсодержащие добавки, окалина и металлические включения

(металлизированная пыль). Их количество носит индивидуальный характер для каждого литейного цеха и связано как с принятой рецептурой смеси, так и с используемой технологией и оборудованием, в первую очередь, оборудованием, подготавливающим и восстанавливающим обратную смесь: магнитные сепараторы-металлоотделители, аэраторы обеспыливатели и т.д. Однако все выявленные в процессе исследований отклонения незначительны, не меняют монотонность зависимости $N-W$ и могут быть учтены при градуировке прибора для измерения влажности на конкретном предприятии.

Лабораторный влагомер «Микрорадар-101.3» успешно прошел испытания в Исследовательском центре формовочных материалов БНТУ, апробирован и принят в эксплуатацию в ЦЗЛ РУП «Гомельский литейный завод «Центролит». Благодаря удачному сочетанию преимуществ СВЧ влагометрии и современному уровню микропроцессорной техники прибор обеспечивает надежное и достоверное измерение влажности широкого спектра формовочных и стержневых смесей (от единичных песчано-глинистых до жидкостекольных и песчано-смоляных смесей на водорастворимых смолах) и формовочных материалов (в первую очередь песка, глины и т.п.). Прибор прост и надежен в эксплуатации. В памяти прибора сохраняется одновременно до девяти градуировок на различные формовочные материалы. Собственная погрешность микроволнового метода измерений не превышает 0,5%. Максимальное относительное отклонение значений влажности с помощью прибора от результатов измерений, выполненных по стандартной методике, не превышает 5% от измеряемой величины, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 23409.5-78 к экспресс-методам определения влажности. Время определения влажности материала с помощью прибора «Микрорадар-101.3» составляет не более 1 с, что в 1000 раз быстрее даже ускоренных методов контроля влагосодержания, используемых сегодня в литейных цехах. Кроме того, измерение влажности с помощью СВЧ влагомера не требует взвешивания пробы смеси ни до, ни после измерений.

Литература

1. Формовочные материалы и технология литейной формы: Справ. / С.С.Жуковский, Г.А.Анисович, Н.И.Давыдов и др.; Под общ. ред. С.С.Жуковского. М.: Машиностроение, 1993.
2. Бречко А.А., Великанов Г.Ф. Формовочные и стержневые смеси с заданными свойствами. Л.: Машиностроение, 1982.

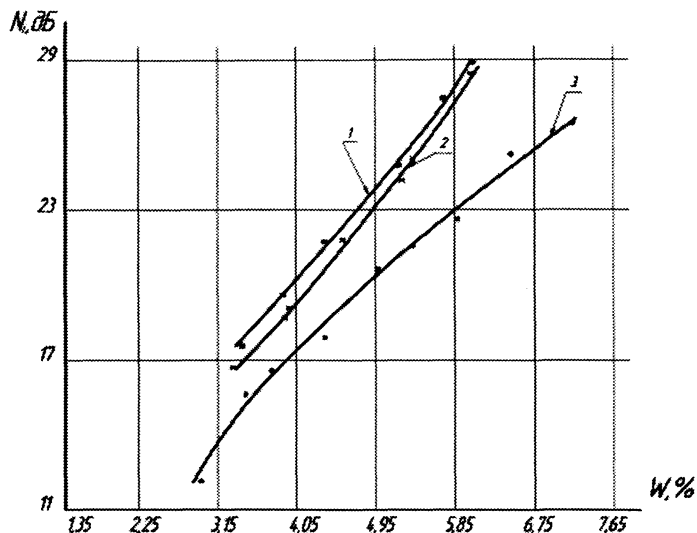


Рис. 2. Зависимость уровня поглощения (N) от влажности (W) различных ЕФС: 1 – ЕФС с ОАО «МЗОО»; 2 – ЕФС с АФЛ ФДК «ГЛЗ «Центролит»; 3 – ПГС из свежих формовочных материалов (бентонит – 7%, песок – 93%)

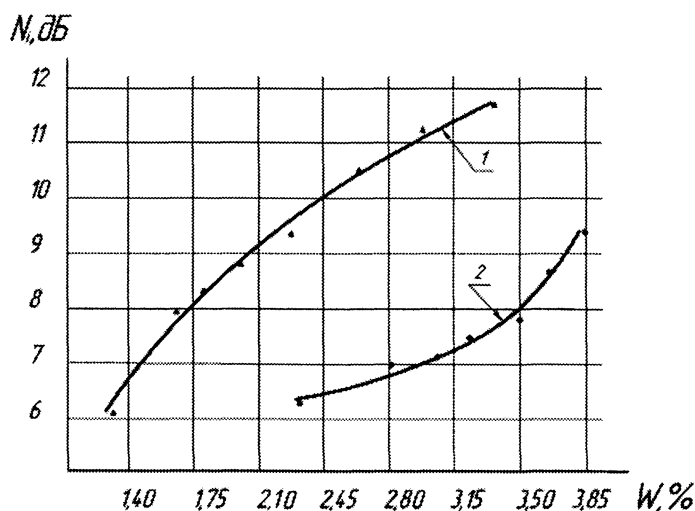


Рис. 3. Зависимость уровня поглощения (N) от влажности (W) различных жидкостекольных смесей: 1 – жидкостекольная смесь без отвердителя с переменным количеством жидкого стекла; 2 – жидкостекольная смесь с постоянным количеством отвердителя АЦЭГ (0,5%) и переменным количеством жидкого стекла

3. Валисовский И.В., Медведев Я.И. Технологические испытания формовочных материалов. М.: Машгиз, 1963.
4. Теория и практика экспрессных методов контроля влагосодержания твердых и жидких материалов/ Е.С.Кричевский, В.К.Бензарь, М.В.Венедиктов; Под общ. ред. Е.С.Кричевского. М.: Энергия, 1980.
5. Кукуй Д.М., Ровин С.Л. Использование методов СВЧ-влагометрии// Современные проблемы машиноведения: Сб. материалов МНТК/ГПИ им.П.О.Сухого. Гомель, 1996. С. 206–207.
6. Ровин С.Л., Ренгарт И.И. Создание систем автоматического управления качеством формовочной смеси на основе непрерывного контроля ее диэлектрических параметров // Металлургия и литейное производство. Мн.: «Белорганкинопромиздат», 1997. С. 41–44.