

In the article the original author's tractability of the methods of continuous automatic control of flow characteristics of sand blends with the use of imitation models received on the original experimental system is offered.

В. М. КАРПЕНКО, ГГТУ им. П.О. Сухого

УДК 621.74

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ РЕОЛОГИИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ СМЕСЕПРИГОТОВЛЕНИЕМ

Способ получения отливок в обычные сырые песчано-глинистые формы, особенно в массовом производстве остается наиболее распространенным, а в некоторых случаях и единственным. Это объясняется их относительно низкой стоимостью, технологической надежностью процесса, возможностью получать отливки любой массы и сложности. Процесс изготовления песчано-глинистых форм механизирован и автоматизирован, разработаны и крупномасштабно внедрены в производство автоматические линии.

В то же время возникает потребность в новом подходе к оценке качества песчано-глинистых формовочных смесей; требуется создание принципиально новых автоматизированных систем управления процессом смесеприготовления на основе непрерывного контроля состава и реологических параметров формовочных смесей.

Используемые в настоящее время смесеприготовительные системы осуществляют либо контроль по входным параметрам, либо контроль технологических и физико-механических свойств, который может иметь как непрерывный, так и периодический характер [1–3].

Все известные непрерывные автоматизированные системы контролируют преимущественно один параметр: либо влажность, либо уплотняемость, либо формуемость. Другой тип систем контроля – системы периодического контроля. В этом случае контролируются самые различные технологические и физико-механические параметры.

Разработанная под руководством д-ра техн. наук, профессора И.В.Матвеевко концепция автоматизированного контроля формовочной смеси на основе контроля реологических параметров предполагает использование для периодического испытания смеси оригинального прибора – одометра [4]. Теоретическим базисом метода являются математические модели формовочной смеси как реологического тела: при объемном сжатии и при сдвиге [5, 6].

Эти модели непосредственно не могут быть использованы для формирования корректиру-

щего воздействия в процессе смесеприготовления, так как не отражают связь с компонентами формовочной смеси (содержанием связующего, бентонита B и влажностью W). Именно поэтому возникает объективная необходимость создания имитационных моделей формовочных смесей.

В общем виде имитационная модель формовочной смеси представляет собой функциональную зависимость прочностных ($\tau_{сж}$) и деформационных (ϵ) характеристик от состава формовочной смеси (содержание бентонита и влажности).

Имитационная модель формовочной смеси – модель формовочной смеси представлена в форме, удобной для моделирования процессов смесеприготовления на ПК, изучения состояния смеси при изменении тех или иных параметров. При построении имитационной модели были использованы методы математической статистики. Наиболее приемлемым методом является корреляционно-регрессионный анализ, позволяющий установить наличие или отсутствие связи между изучаемыми величинами, описать зависимость с помощью математической функции и оценить ее точность.

Наиболее сложной задачей, обеспечивающей адекватность имитационных моделей, является выявление вида функциональной зависимости. Все известные исследования в этой области без доказательств (априори) принимали прямолинейный (простейший) вид зависимости. Эксперименты, проведенные в Гомельском государственном техническом университете им. П.О.Сухого, показали, что вид зависимости не является прямолинейным – это двухфакторная степенная зависимость:

1) при сжатии

$$\epsilon = a_1^\epsilon W^{a_2^\epsilon} B^{a_3^\epsilon},$$

где a_1^ϵ , a_2^ϵ , a_3^ϵ – комплексные коэффициенты, показывающие взаимосвязь деформации сжатия с реологическими параметрами;

2) при сдвиге

$$\tau_{\text{сд}} = a_1^{\tau} W^{a_2^{\tau}} B^{a_3^{\tau}},$$

где a_1^{τ} , a_2^{τ} , a_3^{τ} — комплексные коэффициенты, показывающие взаимосвязь предела прочности на сдвиг с реологическими параметрами.

В экспериментах использовали песчано-глинистые смеси, близкие по составу к единой смеси, применяемой на линиях FDC и АЛИФ на РУП «Гомельский литейный завод «Центролит»». Согласно технологическому процессу, такая смесь содержит 87–92,5% оборотной смеси; 5–10% свежего кварцевого песка; 1,16–1,22% суспензии (состав суспензии: вода — 60–65%, бентонит — 23–25, хлорид кальция — 1,3–1,1, ЭКР — 0,8–1,0, молотый уголь — 5,8–6,0, лигносульфонат — 1,0–1,2%).

В опытах применяли оборотную смесь и свежий песок, один раз взятые из потока формовочных материалов, поэтому управляемыми оставались две независимые переменные: бентонит — от 4,8 до 6,2% и влажность — от 3,0 до 3,7%.

Для смеси такого состава имитационная модель имеет вид при сжатии

$$\varepsilon = 21,96 W^{0,961} B^{-0,714};$$

при сдвиге

$$\tau_{\text{сд}} = 0,206 W^{0,107} B^{0,646}.$$

Сравним известные математические модели формовочной смеси с разработанными имитационными моделями. Математические модели показывают связь деформации сжатия формовочной смеси с модулем упругости начальным, модулем упругости связующего и коэффициентом объемной вязкости; предела прочности на сдвиг с коэффициентом сдвиговой вязкости и модулем сдвига. Также экспериментально установлены коэффициенты корреляции, показывающие, что модуль упругости начальный и модуль сдвига находятся в тесной связи с содержанием бентонита и влажности формовочной смеси, а остальные реологические параметры (коэффициент объемной вязкости, коэффициент сдвиговой вязкости, модуль упругости связующего) обнаруживают статистическую связь только с содержанием воды.

Исходя из изложенного выше, можно предположить, что в полученных имитационных моделях коэффициенты при W (влажности) и B (содержании бентонита в смеси) являются комплексными, т.е. они показывают совокупное влияние реологических параметров на деформацию и предел прочности на сдвиг. В частности, коэффициент a_2^{ε} отражает совокупное влияние на деформацию начального модуля упругости, коэффициента объемной вязкости и модуля упругости связующего; коэффициент a_3^{ε} — влияние начального модуля упругости на деформацию; коэффи-

циент a_2^{τ} — влияние модуля сдвига на предел прочности на сдвиг; коэффициент a_3^{τ} — совокупное влияние на предел прочности на сдвиг коэффициента сдвиговой вязкости и модуля сдвига.

Таким образом, полученные имитационные модели показывают связь реологических (деформационных и прочностных) параметров с основными компонентами состава формовочной смеси (содержанием бентонита и влажностью):

- содержание бентонита в формовочной смеси оказывает в 2 раза меньшее влияние на ее деформационные характеристики, чем влажность;
- содержание бентонита в формовочной смеси оказывает в 4 раза большее влияние на ее прочностные характеристики, чем влажность.

Для автоматизированного контроля свойств формовочных смесей была разработана оригинальная установка непрерывного автоматизированного испытания и контроля реологических свойств формовочных смесей. Компонентная схема состоит из двух основных узлов: узла отбора смеси (оснащен устройством разрыхления и аэрации смеси); узла для непрерывного автоматизированного испытания формовочной смеси в двух вариантах конструкции: с роликом — для использования устройства в промышленных условиях; с ножом — для использования устройства в лабораторных условиях.

Устройство работает следующим образом. Формовочная смесь подается с помощью специального пробоотборника в проточку рабочего колеса, приводимого во вращение электродвигателем. Затем формовочная смесь продавливается через щель рабочего колеса с помощью уплотняющего колеса при регулируемой нагрузке, зависящей от деформационных свойств испытываемого материала. Величина деформации сжатия фиксируется датчиком малых перемещений. На выходе из зоны уплотнения на предварительно уплотненный испытываемый материал действует нож. Суть данного испытания заключается в следующем: в момент превышения напряжением сдвига предельного значения (предела пластичности) происходит изменение характера деформаций в испытываемом образце. Эти деформации фиксируются датчиком силы.

Преимущественное отличие данного устройства заключается в том, что оно осуществляет непрерывный контроль свойств испытываемого материала, а также одновременный контроль деформаций сжатия и сдвига.

Результаты экспериментов представлены на рис. 1, 2. Каждая из экспериментальных кривых была описана однофакторной имитационной моделью. На основе модели были разработаны производственные номограммы (рис. 3) и пакет прикладных программ для АСУ ТП смесеприготовлением.

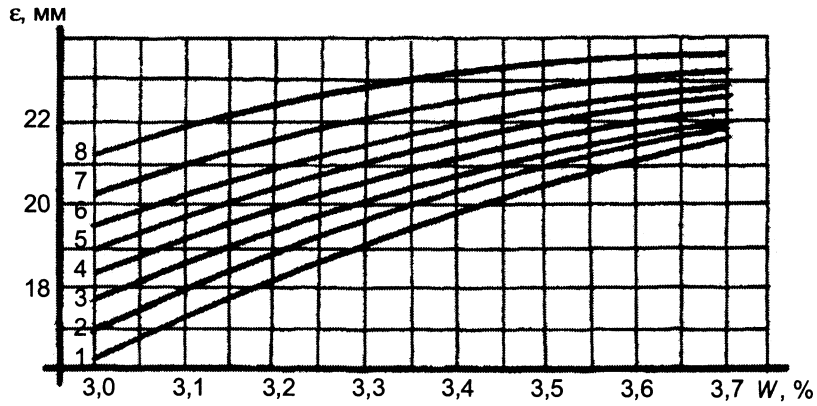


Рис. 1. Зависимость деформации сжатия ϵ от влажности W при нагрузке 12 кг/см^2 : 1 – смесь, содержащая 6,2% бентонита; 2 – 6,0; 3 – 5,8; 4 – 5,6; 5 – 5,4; 6 – 5,2; 7 – 5,0; 8 – 4,8%

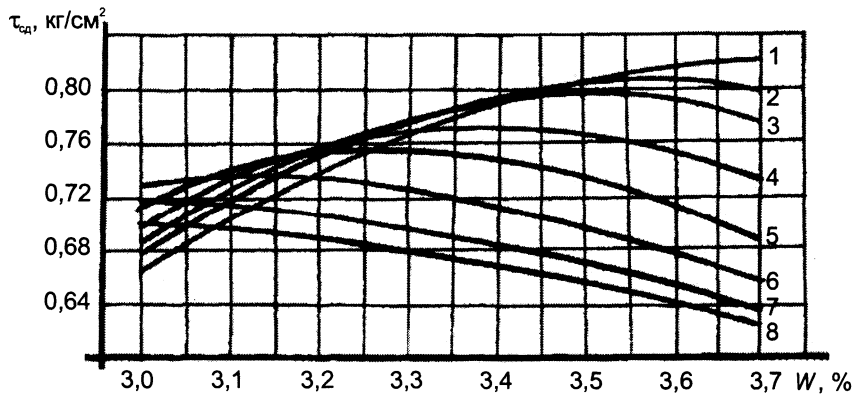


Рис. 2. Зависимость предела прочности на сдвиг $\tau_{сд}$ от влажности W при нагрузке 12 кг/см^2 . Обозначения те же, что на рис. 1

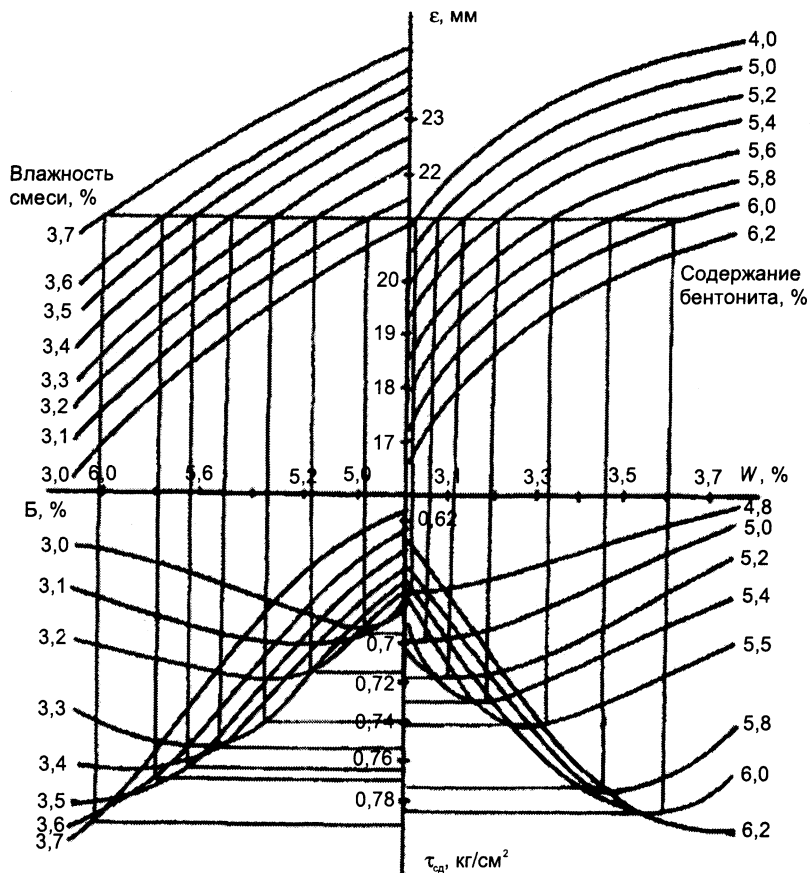


Рис. 3. Номограмма для определения состава испытуемой формовочной смеси по ее деформационно-прочностным свойствам

Литература

1. Проспект фирмы «Lippke-System FSE-19». Германия, 1999.
2. Проспект фирмы «Diter». США, 1990.
3. Проспект фирмы «Eirich». Германия, 2002.
4. Матвеев И.В., Ровин С.Л. Реологическая концепция и принципы координированного управления про-

цессами смесеприготовления и формообразования // Литье и металлургия. 1999. №2. С. 13–17.

5. Матвеев И.В., Шеклеин Н.С., Кузембаев С.Б. Реологические и математические основы динамических и импульсных методов уплотнения. М., 1986.

6. Матвеев И.В., Бельчук В.С. Реологические основы испытаний формовочных смесей и импульсного уплотнения. М., 1991.