

КОНЦЕПЦИЯ АСУ ТП ФОРМООБРАЗОВАНИЕМ НА БАЗЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ

В.М. Карпенко (ГГТУ имени П.О. Сухого, г. Гомель)

В статье сформулированы общие принципы построения АСУ ТП формообразованием на базе реологических критериев. Разработанный метод управления процессами смесеприготовления и формообразования в отличие от существующих аналоговых систем стабилизации процесса смесеприготовления позволяет строить системы, способные точно формировать управляющие воздействия по нескольким параметрам одновременно, что существенно повышает их точность. С другой стороны, преимущество этой системы также и в том, что она управляет одновременно двумя процессами (смесеприготовление и формообразование).

Для современного литейного производства характерны тенденции к повышению качества отливок, снижению их стоимости, наряду с жесткими экологическими требованиями к условиям труда и охране окружающей среды.

Качество отливки в наибольшей степени зависит от качества формы. Эта известная аксиома в значительной степени относится к песчано-глинистым формам, которые сегодня занимают главенствующее положение благодаря своей универсальности и низкой стоимости.

К настоящему времени в Гомельском государственном техническом университете имени П.О. Сухого разработаны метод контроля за процессом смесеприготовления, основанный на реологических моделях и непрерывном автоматизированном контроле в условиях одновременного нагружения сжатия и сдвига; конструкция установки и методика исследований для непрерывного автоматизированного контроля реологических свойств песчано-глинистых формовочных смесей с использованием высокоактивного комплексного органо-минерального связующего [1, 2, 3, 4].

Актуальность этой проблемы обусловлена не только стремлением повысить качество отливок, получаемых в наиболее дешевых разовых песчаных формах, но и желанием создать высокопроизводительные, универсальные, надежные процессы, легко поддающиеся автоматизации. Появились новые методы уплотнения (импульсное уплотнение, скоростное пресование, различные модификации статического пресования), однако в настоящее время нет однозначных рекомендаций о рациональных областях применения как новых, так и известных методов уплотнения, нет рекомен-

даций и по выбору режимов уплотнения. Одна из главных причин такого положения – эмпирический подход к определению параметров процесса уплотнения.

Отсутствие единой для всех процессов уплотнения математической модели не позволяет оценить влияние тех или иных факторов на процесс, не дает возможности выбрать оптимальные параметры работы механизма. Анализ предлагаемой математической модели позволяет понять суть явлений, дает возможность определить главные факторы, определяющие ход процесса, и выбрать оптимальные режимы работы узлов машины.

Следует иметь в виду, что протекание любого процесса уплотнения и его результаты в значительной мере зависят от свойств формовочной смеси, ее реологических параметров. При проведении большей части экспериментов эти параметры не определялись, а при расчетах выбирались произвольно, поэтому результаты расчетов количественно могут не совпадать с результатами экспериментов.

Одна из главных задач математического моделирования – определение оптимальных параметров технологических процессов и режимов работы машин. Работы в этом направлении только начались.

Основоположником научного подхода к созданию формовочных машин является заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор доктор технических наук П. Н. Аксенов. Он разработал первые математические модели процессов уплотнения, классифицировал формовочные машины и их узлы, проанализировал возможные варианты компоновок формовочных автоматов. Продолжение работы, начатой П. Н. Аксеновым, стало возможным только после появления современных ЭВМ и осуществлялось профессором доктором технических наук Г. М. Орловым и профессором доктором технических наук И. В. Матвеевко.

Постановка задачи. В силу своей значительной инерционности смесеприготовительная система не успевает реагировать на изменение свойств исходных формовочных материалов, т.е. когда смесь из бегунов, несмотря на все принятые меры, выходит со свойствами, заметно отличающимися от оптимальных. Другим характерным случаем оптимизации параметров формообразования является случай, когда смесь известна и широко распространена в данном цехе, а необходимо настроить новое оборудование, устанавливаемое взамен старого. Важнейшим условием успешного решения задачи оптимизации режима формообразования при автоматическом управлении - минимальное время, в течение которого производится анализ смеси.

Здесь можно встретить два случая: а) режим работы формовочного автомата регулируется; б) режим работы формовочного автомата не регулируется.

В первом случае при изменении реологических свойств смеси необходимо изменить режим, например, повысить или понизить градиент роста давления газа над смесью. Во втором случае следует изменить высоту наполнительной рамки, а точнее изменить высоту уплотняемого слоя смеси l . Оба эти случая вытекают из теоретической зависимости:

$$\dot{\sigma} = \frac{2\sigma}{\pi} \sqrt{\frac{K_{H_o} S}{M_o l}} \quad (1)$$

где $\dot{\sigma}$ - градиент повышения давления газа над смесью, МПа/с; σ - давление газа над смесью, МПа; K_{H_o} - модуль упругости, МПа; S - площадь опоки, м²; l - высота столба уплотняемой смеси, м; M_o - масса, кг.

Таким образом, целью данной статьи является формулировка общих принципов построения АСУ ТП формообразованием на базе реологических критериев.

Общие принципы построения схемы управления качеством литейных форм. Современную автоматизированную систему управления технологическим процессом формообразования можно справедливо назвать системой управления качеством литейной формы (объект регулирования), так как она одновременно управляет и процессом смесеприготовления. Эта система управления предусматривает одновременное взаимодействие трех потоков возмущающих воздействий на объект регулирования: а) компонентный состав формовочной смеси; б) параметры режима работы формовочного автомата; в) параметры литейной оснастки. В качестве же заданных показателей качества смеси - ее реологические свойства (упругость, вязкость, пластичность, насыпная масса). Таким образом, управляемые параметры рассматриваемой системы управления и регулирования - реологические свойства смеси, а управляющие - компонентный состав смеси (освежительная смесь, глинистая суспензия и др. добавки). Реологические свойства формовочной смеси позволяют успешно управлять как компонентным составом смеси, так и параметрами процессов формовки и литейной оснастки. Можно утверждать, таким образом, что реологические свойства обладают неоспоримыми преимуществами перед комплексом физико-механических и технологических показателей качества смеси.

На рис. 1 представлена функциональная схема АСУ ТП формообразованием. Сигналы от соответствующих датчиков смесеприготовления и формообразования (от реологических приборов) поступают в устройство связи с объектом.

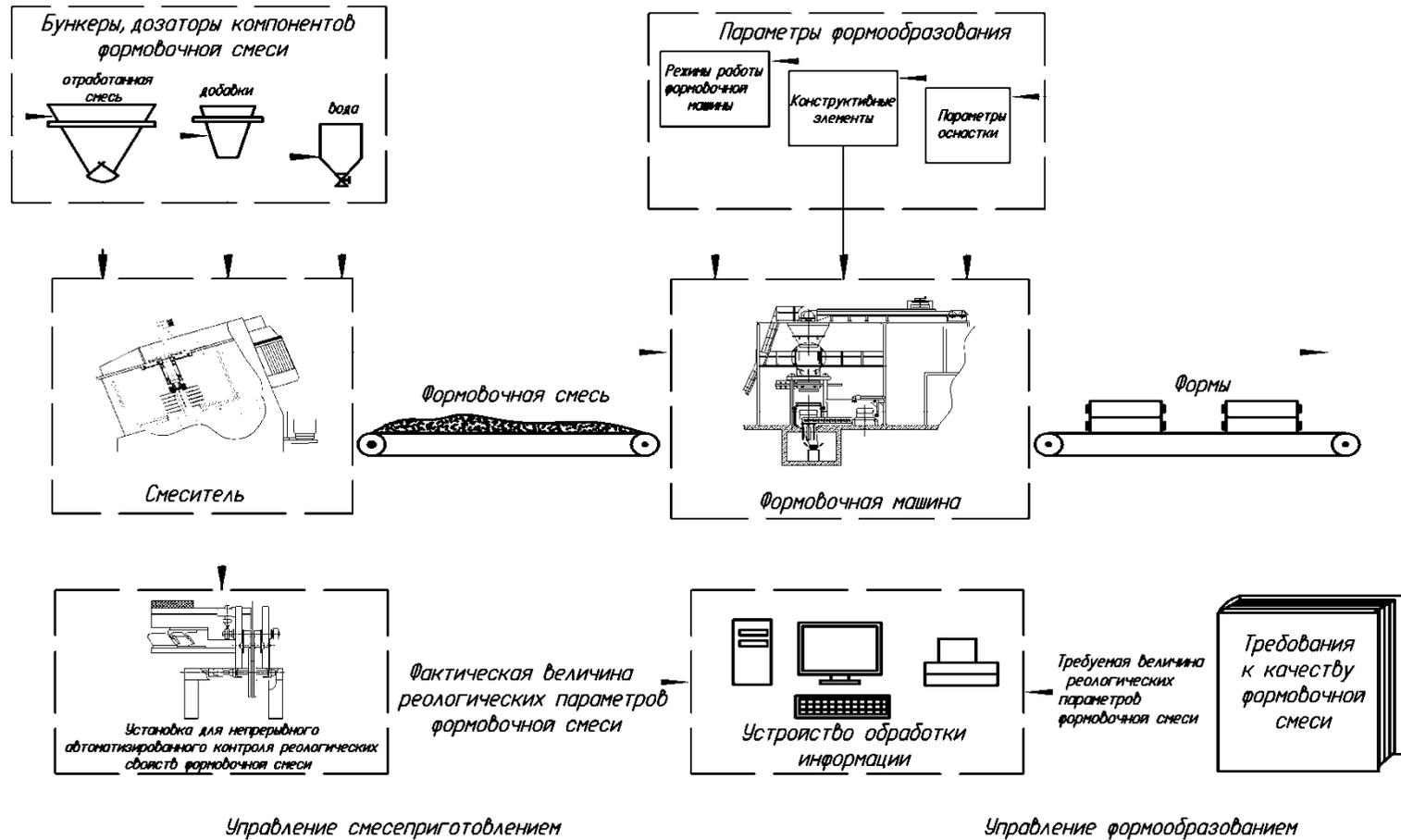


Рисунок 1 - Функциональная схема АСУ ТП формообразованием на основе реологических параметров

По информации, поступившей от датчиков и программ, хранящихся в памяти управляющей ЭВМ, формируется состояние процесса, на основе чего выдается информация на устройство отображения для оператора и на устройства, осуществляющие управление технологическими процессами: одно из них - устройство управления смесеприготовлением, второе - устройство управления формообразованием.

Для связи человека с управляющей вычислительной машиной используется устройство ввода-вывода, включающее видеотерминал (дисплей) с клавиатурой, через него производят ввод в ЭВМ управляющих программ и данных. Кроме того, программы и данные могут быть сведены с помощью внешних носителей информации. Отражение результатов контроля состояния объекта управления может производиться с ЭВМ с помощью видеотерминала, печатающего устройства или индикаторного табло.

В ЭВМ могут быть введены сведения о качестве исходных материалов, а также сведения о качестве литья. Как уже отмечалось, для автоматического контроля и стабилизации свойств смеси необходимы представительная проба (примерно $0,3 \div 0,6$ % от общего расхода смеси), а также данные о корреляционной зависимости контролируемых свойств от компонентов смеси. Предлагаемая система имеет существенное отличие от ранее известных: контроль реологических параметров в ней осуществляется непрерывно с помощью разработанной установки для непрерывного автоматизированного контроля реологических свойств формовочной смеси (рис. 2).

Установка для непрерывного автоматизированного контроля свойств формовочных смесей состоит из двух основных узлов: узла для отбора, разрыхления и аэрации смеси и узла для непрерывного испытания формовочной смеси.

Устройство работает следующим образом. Формовочная смесь попадает с помощью специального винтового захвата 5 приводимого в действие валом 4 от привода 3 подается на вибрлоток 12. Зависание смеси на стенке смесителя 13 предотвращается использованием фторопластовой пластины 15. Винтовой захват 5 непрерывно продувается сжатым воздухом, подаваемым в штуцер 8 через пневмомуфту 7. Разрыхление и аэрация смеси осуществляется пластинами 10, закрепленными на валу 9.

Затем смесь попадает в бункер 17, который направляет формовочную смесь в щель рабочего колеса 16. Зависание смеси предотвращается установкой вибратора 18. Уплотнение смеси осуществляется катком 23, расположенным на кулисе 21. Уплотняющее воздействие регулируется местоположением груза 25 на направляющей 26. Величина деформации измеряется датчиком перемещения 22. На выходе из зоны уплотнения на предварительно уплотненный испытуемый материал действует нож 28. Суть данно-

го испытания заключается в следующем: в момент превышения напряжением сдвига предельного значения (предела пластичности) происходит изменение характера деформации в испытуемом образце. Эти деформации фиксируются датчиком силы 29. Остатки смеси после испытания срезаются ножом 20 и падают в бункер 19.

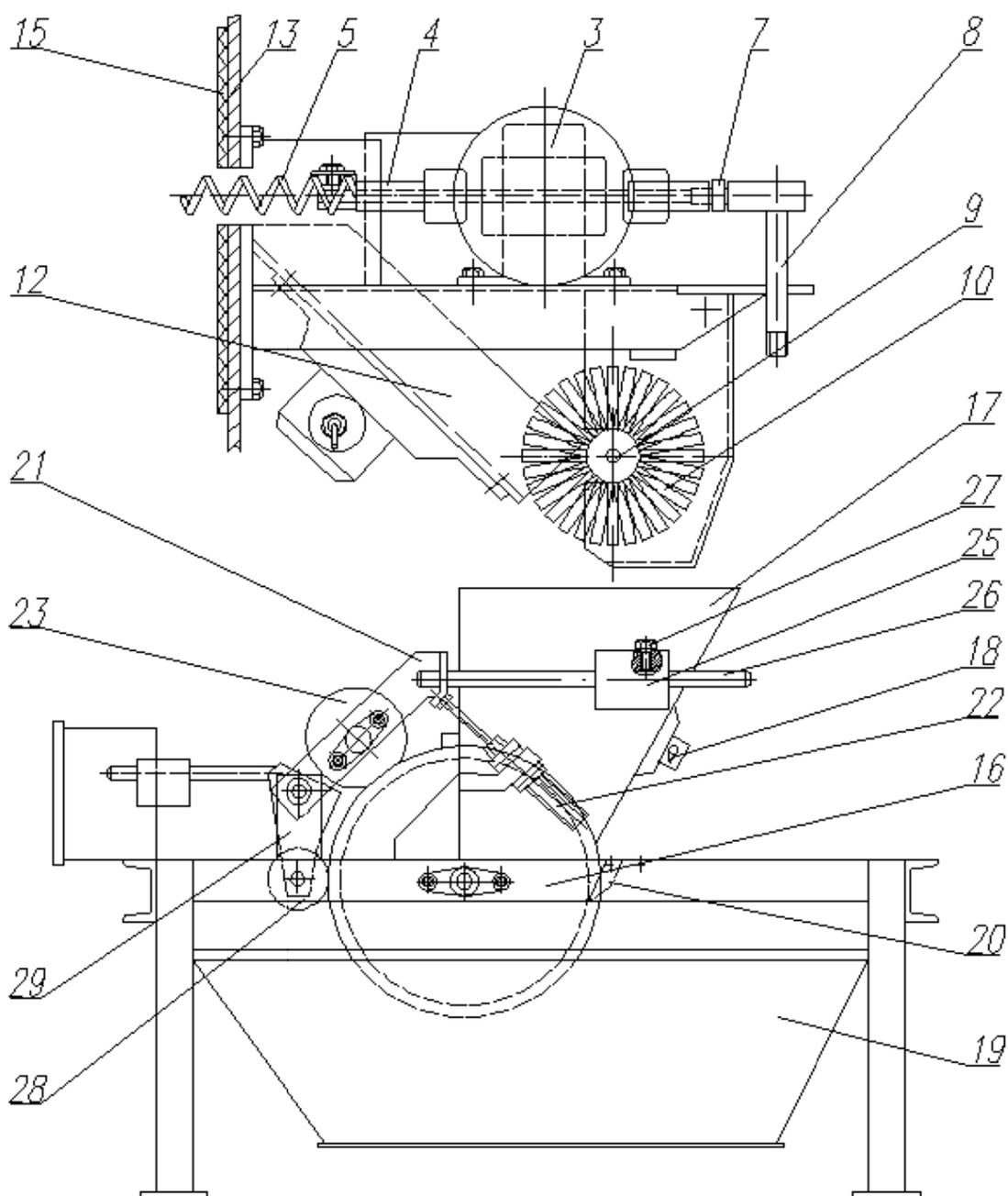


Рисунок 2 - Устройство для непрерывного автоматизированного контроля реологических свойств формовочных смесей

Аналоговые электрические сигналы от датчиков установки для непрерывного автоматизированного контроля реологических свойств формовочной смеси вначале усиливаются предварительными усилителями, а затем подаются в аналого-цифровые преобразователи, служащие для преобразования аналоговых сигналов в код числа.

В АЦП происходят два процесса, деление и кодирование. Весь диапазон изменения входного сигнала разбивается делением в АЦП на интервалы, которым присваиваются двоичные цифровые коды. Кодирование входного сигнала производится сравнением его значения со значениями выделенных интервалов, в результате чего входной сигнал заменяется цифровым машинным кодом для передачи в микроконтроллер, который управляет работой установки для непрерывного автоматизированного контроля реологических свойств формовочной смеси и одновременно производит расчет реологических параметров смеси. Устройство управления микроконтроллера управляет работой пневматической части установки для непрерывного автоматизированного контроля реологических свойств формовочной смеси, содержащей два регулятора давления, а также быстродействующий пневматический переключатель. Так осуществляется анализ реологических свойств смеси для автоматического управления процессами смесеприготовления и формообразования.

В ЭВМ также поступает информация от аналогичных датчиков, установленных на оборудовании для дозирования исходных материалов и в бегунах, для измерения температуры оборотной формовочной смеси, а также данные соответствующих установок и указаний от технолога и операторов, сведения о неисправностях и т.д. по определенной системе.

На основании всех этих данных ЭВМ самостоятельно или путем выдачи рекомендаций для технолога, принимает решение о корректировке состава, внесении изменений в технологию смесеприготовления и формообразования.

Выводы. Разработанный метод управления процессами смесеприготовления и формообразования в отличие от существующих аналоговых систем стабилизации процесса смесеприготовления позволяет строить системы, способные точно формировать управляющие воздействия по нескольким параметрам одновременно, что существенно повышает их точность. С другой стороны, преимущество этой системы также и в том, что она управляет одновременно двумя процессами (смесеприготовление и формообразование), чего нет до сих пор в известных системах и что, безусловно, значительно увеличивает ее эффективность.

Результаты исследований могут быть использованы:

- в качестве теоретической базы для построения методики нахождения соответствия (оптимума) между режимом работы формовочной ма-

- шины и реологическими свойствами смеси, а также геометрией оснастки.
- в качестве теоретической базы для построения производственных номограмм, позволяющих определять величину и направление управляющего воздействия на процесс формообразования на основе реологических параметров.

Литература

1. Матвеевко И.В., Бельчук В.С. Применение электронных моделей в реологии формовочных смесей // Литейное производство, 1988. - №12. - С. 13-15.
2. Матвеевко И. В., Бельчук В. С. Реологические основы испытаний формовочных смесей и импульсного уплотнения. – М.: МАСИ (ВТУЗ-ЗИЛ), 1991. – 87 с.
3. Карпенко В.М., Матвеевко И.В. Непрерывный контроль реологических свойств и состава смесей в процессе их приготовления. - Литейное производство, 1995. - № 4-5. – С. 30-31.
4. Карпенко В. М. Использование методов реологии в системах управления смесеприготовлением. - Литье и металлургия, 2004. - №2 (30). - С. 71-74.
5. Карписонов Л. А., Карпенко В.М., Комков С.Ю. Развитие менеджмента качества на РУП «Гомельский завод литья и нормалей». - Литье и металлургия, 2006. - №2. часть 2 - С. 154-158.
6. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. - М.: Высшая школа, 1978. – 447 с.
7. Рейнер М. Реология: Пер. с англ. - М.: Наука, 1955. – 223 с.
8. Щукле Л. Реологические проблемы механики грунтов: Пер. с англ.- М.: Стройиздат, 1976. – 357 с.

© Карпенко В.М. 2007