



УДК 621.74

Поступила 12.10.2014

Н. Н. ФЕДОРОВ, Донбасская государственная машиностроительная академия

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ БЕНТОНИТОВЫХ ФОРМОВОЧНЫХ ГЛИН

Рассмотрены особенности разных методик определения прочностных свойств бентонитовых формовочных глин. Показано, что ГОСТ 28177–89 в недостаточной мере характеризует прочностные характеристики бентонита, важные для его использования на автоматических формовочных линиях. Показана целесообразность смешивания бентонитовых глин разных месторождений, что позволяет получать более высокие технологические показатели бентопорошков по сравнению с вариантом их производства из сырья одного месторождения.

The features of different methods for determining the strength properties of bentonite molding clays are considered. It is shown that GOST 28177–89 not adequately characterizes the strength characteristics of bentonite important for its use in automatic molding lines. The expediency of mixing bentonite clays from different deposits, that allows to obtain a higher technological parameters of bentopowders in comparison with a variant of their manufacture from raw materials of one deposit is shown.

В современных технологических процессах литья с применением сырых песчано-глинистых форм, например Сейатцу-процесс [1, 2], в качестве связующего материала литейных форм применяются высококачественные бентонитовые глины или бентопорошки. Основные преимущества формовки по-сырому с использованием высокотехнологичных бентопорошков заключаются в следующем:

- высокая пластичность сырых песчано-бентонитовых смесей (ПБС) и их способность почти мгновенно принимать требуемую форму под воздействием давления прессования;
- сокращение производственного цикла изготовления форм, связанное с устранением процесса их сушки;
- сравнительно низкая стоимость формовочных материалов для изготовления сырых форм;
- минимальные безвозвратные потери формовочных материалов, поскольку отработанные ПБС легко восстанавливаются при относительно низких затратах энергии и на простом оборудовании;
- возможность повторного использования отработанных ПБС с минимальным количеством освежающих добавок;
- возможность высокоэффективной автоматизации процессов формообразования.

В современном литейном производстве можно отметить достаточно широкий выбор бентонитовых формовочных глин, предлагаемых для литья

как украинскими производителями: Константиновский бентонит (КБ) – производство ПАО «Завод утяжелителей»; Дашуковский бентонит (ДБ) – производство ПАО «Дашуковские бентониты»; Закарпатский бентонит (ЗБ) – производство ПАО «Затисянский химический завод», так и зарубежными производителями: Азербайджанский бентонит (АБ); Греческий бентонит (ГБ); Болгарский бентонит (ББ); Немецкий бентонит (НБ); Польский бентонит (ПБ).

Следует отметить, что ряд зарубежных производителей формовочных бентонитовых глин предлагают свою продукцию в виде компаундов – бентопорошков, произведенных из бентонитового сырья разных месторождений.

В настоящее время в связи со структурными изменениями литейного производства Украины наметились устойчивые тенденции к использованию как передового технологического литейного оборудования, так и импортных формовочных материалов. Такие формовочные продукты существенно отличаются от отечественных бентопорошков как в качественном, так и стоимостном плане. Немаловажным является и то, что импортные бентопорошки проходят сертификацию по европейским стандартам. Это, в свою очередь, требует критического сопоставления норм действующих нормативных документов (государственных стандартов) и, возможно, их пересмотра с целью унификации.

Опыт работы ПАО «Завод утяжелителей» с бентопорошками [3–5] показывает, что нормы ГОСТ 28177-89 «Глины формовочные бентонитовые. Общие технические условия» [6] не позволяют по данным входного контроля в полной мере ответить на вопрос о пригодности и качестве предлагаемого материала для данного конкретного производства. Поэтому потребителям приходится идти на испытания довольно больших опытных партий материала, чтобы убедиться в его преимуществах или недостатках. Нередко вследствие таких испытаний предприятия несут ощутимые убытки.

Цель данной работы – анализ требований и методик оценки качества бентопорошков для формовочных смесей; сравнительная оценка технологических свойств бентопорошков по европейскому и отечественному стандартам; исследования, направленные на повышение технологических свойств формовочных смесей с отечественными бентонитами.

Согласно ГОСТ 28177–89, маркообразующими показателями качества бентонитовой формовочной глины являются: 1) предел прочности смеси при сжатии во влажном состоянии; 2) предел прочности смеси при разрыве в зоне конденсации влаги; 3) термическая устойчивость бентонитовой глины.

Первый показатель важен как с технологической, так и с экономической стороны. Повышенная прочность бентонитовой глины позволяет готовить смеси с меньшим содержанием глинистого связующего. Это обстоятельство обеспечивает большую газопроницаемость формы, сравнительно низкую влажность смеси и соответственно более низкую ее газотворную способность. Более высокая газопроницаемость позволяет использовать более мелкий формовочный песок, что положительно сказывается на чистоте поверхности литья и величине пригара. С понижением влажности смеси также уменьшается пригар и улучшается выбиваемость форм, что ведет к снижению потерь смеси в процессе выбивки форм и соответственно снижает удельный расход бентонита и песка.

Прочностные характеристики ПБС зависят от ряда факторов, из которых к основным следует отнести природные особенности бентонитовой глины; способ сушки и помола бентонитовой глины; состав глинистой шихты, из нее получают бентопорошок; эффективность перемешивания при подготовке формовочной смеси; содержание влаги в смеси; свойства формовочного песка и т. д.

Особое внимание следует уделить методике подготовки формовочной смеси перед началом определения свойств бентонитовой глины. Так, ГОСТ 28177-89 для тестирования бентонита регламентирует выполнять подготовку смеси путем переме-

шивания кварцевого песка и бентопорошка (в пропорции 95 и 5 мас.% соответственно) в катковом смесителе в течение 2 мин в сухом состоянии; далее следует 18 мин влажного перемешивания при закрытой крышке смесителя с добавлением необходимого количества воды, обеспечивающего уплотняемость смеси, близкую к 60%. После такого перемешивания компонентов смеси с суммарной продолжительностью 20 мин крышка смесителя открывается и перемешивание смеси продолжается с одновременным отбором проб для определения предела прочности смеси на сжатие во влажном состоянии. Прочность перемешиваемой смеси продолжают измерять каждые 3 мин до фиксации максимального значения прочности. Такой подход позволяет определить свойства бентонита при условиях, недостижимых в реальных производственных системах смесеприготовления, поскольку в производственных условиях время перемешивания компонентов смеси обычно составляет 2–3 мин, реже до 5 мин, а уплотняемость свежеприготовленной смеси для работы на автоматических формовочных линиях должна составлять 45–48 %.

Более близким к реальным условиям работы бентонита является порядок подготовки смеси, регламентированный методикой Немецкого общества литейщиков, больше известной как методика VDG-Merkblatt P 69. Данная методика предполагает определение предела прочности ПБС при стандартной уплотняемости смеси 45 %, для этого рассчитывается необходимое количество воды, а общее время перемешивания смеси в катковом смесителе составляет 6 мин.

Значения пределов прочности бентопорошков разных производителей, определенные как по методике ГОСТ 28177-89, так и методике VDG-Merkblatt P 69, приведены на рис. 1.

Из рисунка видно, что ГОСТ 28177-89 позволяет определить максимально возможную величину предела прочности бентонита, которая достигается

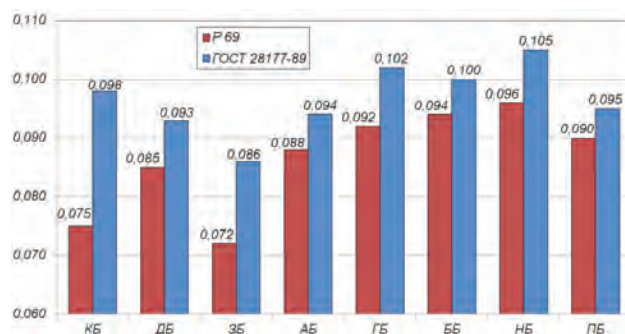


Рис. 1. Значения предела прочности бентопорошков при сжатии во влажном состоянии (МПа), определенные по методике ГОСТ 28177-89 и P 69

при заведомо повышенной влажности, уплотняемости и практически нерегламентированном времени перемешивания смеси. Методика Немецкого общества литейщиков VDG-Merkblatt P 69 требует определять значение прочности бентонита в условиях, приближенных к реальным параметрам его работы в составе формовочной смеси на автоматических формовочных линиях. Поэтому значения прочности бентонитов, определенные в соответствии с одним и другим нормативными документами, различаются на 15–30%.

Оценка бентонитов по ГОСТ 28177-89 показывает достаточно высокие значения предела прочности. Поэтому многие разновидности бентопорошков по этому показателю качества могут быть отнесены к первой группе по пределу прочности при сжатии во влажном состоянии – «П» (прочные). Методика VDG-Merkblatt P 69 для отечественных бентонитов (КБ, ДБ, ЗБ) сравнительно с ГОСТ 28177-89 показывает значительно меньшие значения прочности, что особенно характерно для КБ (0,075 МПа). Практически все тестируемые образцы импортных бентопорошков продемонстрировали значения предела прочности, оцененные по обеим методикам ($\geq 0,090$ МПа), что позволяет отнести их к группе «прочных».

Причины такого значительного расхождения результатов определения прочностных характеристик для разных бентонитовых глин заключаются в особенностях подбора шихтовых материалов на стадии производства бентопорошков и различием в режимах смесеприготовления в рассматриваемых методиках.

Практически важно не только фактическое значение предела прочности, которое может быть достигнуто при неограниченном времени перемешивания смеси, но и скорость набора смесью прочности в процессе перемешивания в смесителе. Время достижения ПБС максимальной прочности зависит в основном от структурных особенностей монтмориллонита как основного порообразующего минерала бентонитовых глин. Наглядной демонстрацией вышеизложенных аргументов являются данные рис. 2, где показана зависимость предела прочности ПБС с различными бентопорошками от времени перемешивания смесей в катковом смесителе.

Экспериментальные формовочные смеси приготавливали следующего состава: 5 мас.% бентопорошка, 95 мас.% Староверовского кварцевого песка марки 2К₁О₁025. Сухие компоненты смеси загружали в лабораторные бегуны и перемешивали в течение 2 мин, затем смесь увлажняли избыточным количеством воды (65 мл на 3 кг сухих материалов). Далее смесь перемешивали в течение

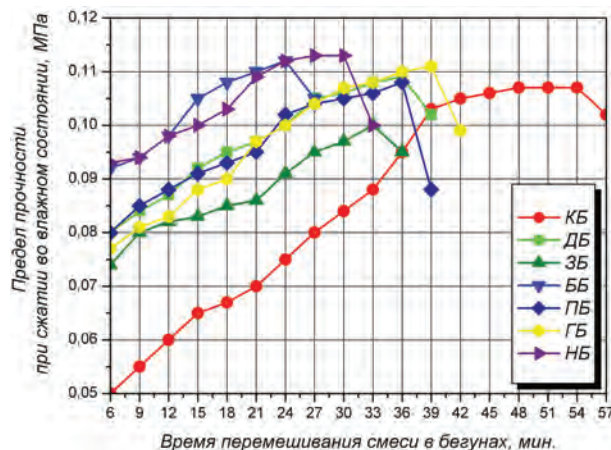


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии во влажном состоянии бентопорошков от времени перемешивания в бегунах

4 мин с закрытой крышкой бегунов, после чего каждые 3 мин осуществлялся отбор пробы смеси для определения предела прочности при сжатии во влажном состоянии (при снятой крышке бегунов). Определение прочности смеси заканчивали с момента фиксирования начала ее падения.

Из рис. 2 видно, что значения пределов прочности ПБС с разными бентопорошками, измеренные после первых 6 мин перемешивания смесей в бегунах, существенно различаются. Максимальные начальные значения предела прочности установлены для Немецкого бентонита (НБ) – 0,093 МПа и Болгарского бентонита (ББ) – 0,093 МПа, несколько ниже предел прочности у Дашуковского (ДБ) и Польского (ПБ) – 0,080 МПа, далее следует Греческий (ГБ) – 0,077 МПа и Закарпатский (ЗБ) – 0,076 МПа, минимальная начальная прочность у Константиновского бентонита (КБ) – 0,050 МПа.

Таким образом, можно сделать вывод, что некоторые разновидности бентонитовых глин в процессе смесеприготовления медленно набирают прочность и требуют дополнительных временных затрат для обеспечения требуемого уровня прочностных характеристик смеси. Кроме того, при данных условиях эксперимента время достижения различными бентонитами максимальной прочности варьируется в широких пределах: минимальное у Болгарского (ББ) – 24 мин, максимальное у Константиновского (КБ) – 48 мин.

В качестве объективного критерия оценки склонности бентонитовых глин к скоростному набору прочности в процессе смесеприготовления предложен коэффициент начальной прочности $K_{Н.П.}$ (рис. 3):

$$K_{Н.П.} = \sigma_{\min} / \sigma_{\max},$$

где σ_{\min} – начальное значение предела прочности бентонитовой глины при сжатии во влажном со-

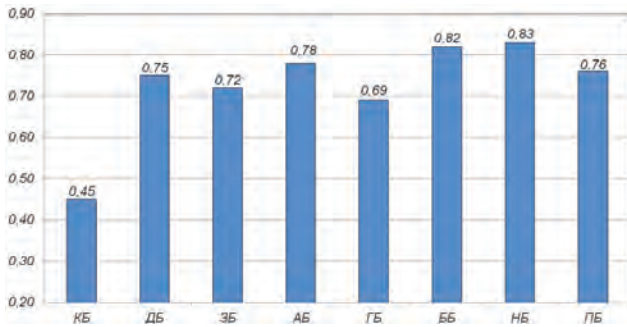


Рис. 3. Коэффициенты прочности бентопорошков

стоянии, определенное после первых 6 мин перемешивания смеси в бегунах; σ_{\max} – максимальное значение предела прочности бентонитовой глины при сжатии во влажном состоянии, определенное в процессе неограниченного во времени перемешивания смеси.

Низкое значение $K_{Н.П.}$ для Константиновского бентонита (КБ) показывает, что эта разновидность бентонитовой глины сравнительно медленно усваивает воду в процессе перемешивания смеси в смесителе и, следовательно, требует большего времени для достижения смесью прочностных характеристик требуемого высокого уровня. Такая особенность КБ объясняется морфологическими отличиями его основы – монтмориллонита. В связи с этим применение в качестве глинистых связующих материалов бентопорошков, подобных КБ, требует изыскания технологических резервов повышения качества такого сырья. Таким технологическим резервом на стадии производства бентопорошков является подбор оптимального состава глинистой шихты из бентонитового сырья разных месторождений, а также ввод специальных технологических добавок.

Перемешивание в процессе совместного помола бентонитовых глин разных месторождений позволяет получать более высокие технологические показатели конечного бентопорошка по сравнению с вариантом его производства из сырья только одного месторождения. При использовании такого комплексного бентопорошка заметно возрастает начальная прочность смеси, значительно сокращается продолжительность перемешивания смеси до момента достижения ею необходимого уровня комплекса механических и технологических свойств. Объяснить это можно природой строения глинистых минералов, бентонитовых глин в частности: бентонитовая глина представляет собой породу, состоящую из мельчайших кристаллов, морфология которых имеет некоторые различия для бентонитов, добытых из разных месторождений. При последующем тонком помоле смеси бентонитовых глин с различной кристалломорфологией происхо-

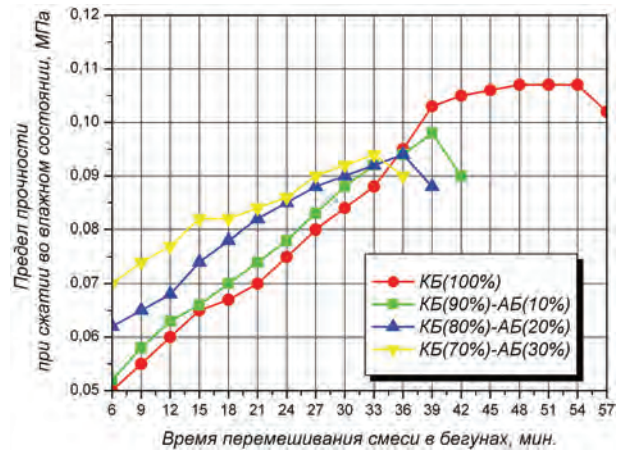


Рис. 4. Зависимость предела прочности при сжатии во влажном состоянии смесей с Константиновским бентонитом, обработанным добавками Азербайджанского бентонита от времени перемешивания в бегунах

дит более эффективное их диспергирование на микроуровне. На рис. 4 показано влияние добавки Азербайджанского бентонита (АБ) к Константиновскому бентониту. Из рисунка видно, что уже при 30 % добавки АБ обеспечивается повышение начальной прочности смеси с 0,050 до 0,072 МПа, время перемешивания смеси до достижения максимального значения предела прочности сокращается с 48 мин для исходного КБ до 33 мин для КБ, обработанного 30 % АБ.

На целесообразность использования смесей различных глинистых материалов указывал еще А. Л. Туманский [7], однако в отечественной практике при производстве бентопорошков для литейного производства этот резерв повышения качества формовочных смесей пока практически не задействован, в то время как ведущие европейские производители бентопорошков, такие, как S&B Industrial Minerals GmbH, Sud-Chemie (Германия); Laviosa Chimica Mineraria (Италия); KERAMOST (Чехия), широко используют описанный эффект в технологических циклах производства бентопорошков, преимущественно из глинистой шихты нескольких различных месторождений. Эти фирмы предлагают торговые марки бентонитового связующего с комплексом определенных свойств, а не бентопорошок определенного месторождения, как это имеет место до последнего времени в отечественном производстве бентонитовых формовочных глин.

Выводы

Основываясь на собственных экспериментальных данных и производственном опыте работы ПАО «Завод утяжелителей», можно отметить следующее:

1. ГОСТ 28177-89 не в полной мере характеризует свойства бентонита, важные для его использо-

вания на автоматических формовочных линиях. Это относится в основном к методике определения его предела прочности при сжатии во влажном состоянии и требует ее пересмотра с целью приближения результатов тестирования к реальным производственным условиям работы бентонита.

2. Показана целесообразность смешивания бентонитовых глин разных месторождений, что по-

зволяет получать более высокие технологические показатели бентопорошков по сравнению с вариантом их производства из сырья одного месторождения. При этом повышается предел прочности при сжатии во влажном состоянии и одновременно сокращается продолжительность перемешивания компонентов в смесителе для приготовления качественной смеси.

Литература

1. Ш е р е м е т А. Н. Запуск осенью 2009 года на ЛЛМЗ самой производительной в Восточной Европе опочной АФЛ фирмы HWS-Sinto, Германия // Литье Украины. 2009. № 12 С. 6–13.
2. Б у д а н о в Е. Н., М е л ь н и к о в И. А. Производство алюминиевых отливок по Сейатцу-процессу на заводах Голландии // Литье Украины. 2009. № 12 С. 26–34.
3. Ф е д о р о в Н. Н., Д о р о ш е н к о С. П., С н и с а р ь В. П. Исследование термостойкости бентонитов украинских месторождений // Металл и литье Украины. 2005. № 5. С. 45–48.
4. Ф е д о р о в Н. Н., Д о р о ш е н к о С. П., К о р о и д В. Н. Физико-механическая активация бентонитовых глин // Литейное производство. 2005. № 10. С. 17–19.
5. Ф е д о р о в Н. Н. Новые технологии в производстве бентонитовых формовочных глин из местного глинистого сырья // Вестн. ДГМА. Краматорск: ДГМА, 2009. № 1 (15). С. 306–311.
6. ГОСТ 28177-89. Глины формовочные бентонитовые. Общие технические условия.
7. Т у м а н с к и й А. Л. Формовочные глины. М.: Машгиз, 1957.