

Как видно, в 2001 г. увеличилось количество изложниц с содержанием углерода менее 3,5% и более 3,7%, что свидетельствует о нестабильном содержании углерода в компонентах шихты. Разброс по содержанию кремния также увеличился.

Благодаря исключению присадки в печь ферромарганца снизилось количество изложниц с содержанием марганца более 0,4%. Поскольку для предупреждения образования легкоплавкого сульфида железа требуется 0,1% Mn на 0,01% S, это безопасно, так как содержание серы практически не превышает 0,039%. С экономической точки зрения исключение из шихты ферромарганца ведет к снижению себестоимости чугуна.

Содержание фосфора почти не изменилось и находится на низком уровне (до 0,12%).

В результате улучшения морфологии графита удельный расход изложниц снизился на 30% (с 14,9 кг/т за базовый период 1999 г. до 10,5 кг/т в 2001 г.). Фактический экономический эффект за период проведения научно-исследовательских работ (июль 2000 г. – январь 2002 г.) составил 4,31 млн р.

Г. П. Барышников

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕКУЧЕСТИ НАЛИВНЫХ ГИПСОСОДЕРЖАЩИХ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

При получении сложных тонкостенных отливок весьма перспективным является способ изготовления литейных форм с применением наливных гипсосодержащих формовочных смесей. Важным свойством этих смесей является текучесть, которая не остается постоянной во времени. Характер ее изменения определяется кинетикой гидратации, кристаллизации и структурообразования гипса [6, 7]. Условно считается, что эти изменения протекают в три периода: текучести, пластичности, полного затвердевания [5, 7].

Одним из условий изготовления качественной формы является использование смесей в течение первого периода [4], когда они обладают наиболее высокой текучестью. Продолжительность этого периода измеряется временем, отсчитываемым от момента затвердевания смесей до начала их схватывания.

В ходе исследований установлено, что общая продолжительность технологически необходимого времени изготовления форм из гипсосодер-

жащих смесей составляет 8-10 мин, и именно в этот период формовочная смесь должна иметь достаточно высокую текучесть. Оценка величины текучести смесей в строительной и керамической промышленности осуществляется путем одноразового замера растекаемости на вискозиметре Сутгарда, которая при изготовлении изделий методом заливки должна быть в пределах 18-20 см. Указанная методика используется в этом случае для определения количества воды затворения и не преследует цель получения сведений о кинетике изменения текучести смесей.

Данная методика была усовершенствована с целью изучения кинетики изменения текучести формовочных смесей путем определения величины растекаемости с помощью вискозиметра Сутгарда через каждые 3 мин от момента затворения смеси до полной потери текучести.

За величину растекаемости принимали среднеарифметическое значение из четырех определений размеров растекшейся смеси. Измерения проводили в диаметрально противоположных точках по концентрической шкале с шагом 10 мм, наклеенной на обратную сторону плоской прозрачной подставки. Полученную величину растекаемости относили к моменту выливания смеси из цилиндра диаметром 4 мм на подставку. На основе полученных значений растекаемости определяли период текучести формовочных смесей, по которому выбирали водомассовое отношение (в/м) количество воды на 1 кг сухих составляющих смеси. Результаты исследования приведены на рис. 1.

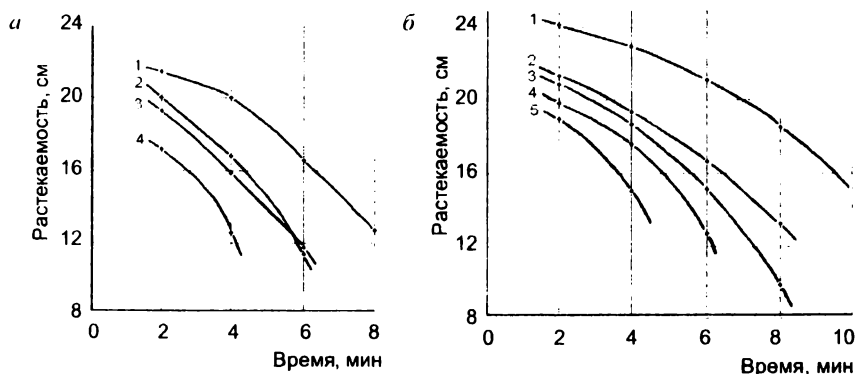


Рис. 1. Растекаемость формовочных смесей, содержащих гипс марки:

- а* - 350: 1 - 10% гипса, в/м = 0,42; 2 - 30% гипса, в/м = 0,46; 3 - 20% гипса, в/м = 0,42;
 4 - 30% гипса, в/м = 0,42; *б* - 500: 1 - 10% гипса, в/м = 0,42; 2 - 30% гипса, в/м = 0,42;
 3 - 30% гипса, в/м = 0,44; 4 - 30% гипса, в/м = 0,42; 5 - 30% гипса, в/м = 0,40

Полученные данные показали, что смеси выбранных составов после вибровакuumной обработки обеспечивают изготовление качественных форм при растекаемости 16 см к концу 8-й мин от момента затворения. Эта величина растекаемости была принята в качестве контрольной при оценке пригодности формовочных смесей для изготовления форм.

В результате исследований установлено, что растекаемость смесей зависит от количества гипса, с увеличением которого она уменьшается. Так, смеси с 10% гипса марки 350 при водомассовом отношении 0,42 имеют через 6 мин после затворения растекаемость около 17 см (рис. 1, а, кривая 1), в то время как смеси с 30% гипса к этому времени схватываются.

Смеси с гипсом марки 500 имеют большую растекаемость (рис. 1, б). Для смесей с 10 и 30% гипса при прочих равных условиях растекаемость через 6 мин составляет 21 и 12,5 см (см. рис. 1, б, кривые 1, 4).

Существенное влияние на растекаемость смесей оказывает водомассовое отношение, с увеличением которого растекаемость смесей увеличивается. Так, изменение водомассового отношения с 0,42 до 0,46 при использовании гипса марки 350 (см. рис. 1, а, кривые 4, 2) увеличивает растекаемость смесей с 12,6 до 16,8 через 4 мин после затворения. При использовании гипса марки 500 увеличение водомассового отношения с 0,40 до 0,44 увеличивает растекаемость смесей через 4 мин с 14,8 до 18,6 см (см. рис. 1, б, кривые 3, 5).

Растекаемость смесей с шамотом, золой и гипсом марки 500 изменяется аналогичным образом. Как следует из рис. 1, а, ни одна из смесей, содержащих 30% гипса марки 350, при опробованных водомассовых отношениях не сохраняет текучести до 8-й мин. Для смесей с гипсом марки 500 минимальная величина водомассового отношения, при которой они сохраняют текучесть через 8 мин, равна 44 (см. рис. 1, б). Дальнейшее повышение растекаемости связано со значительным увеличением количества воды затворения.

Возрастание продолжительности периода текучести возможно за счет увеличения сроков схватывания смесей путем введения в их состав различных веществ, влияющих на процессы кристаллизации и структурообразования гипса. Наилучшие результаты были получены при использовании щавелевой кислоты [3], влияние которой на растекаемость смесей представлено на рис. 2. Эта зависимость носит экстремальный характер. Оптимальное количество щавелевой кислоты составляет 1,5 г на 1 кг сухой

смеси. Замечено, что гипс марки 350 менее чувствителен к концентрации щавелевой кислоты (рис. 2, *а*), нежели гипс марки 500 (рис. 2, *б*), особенно через 6–8 мин после затворения. Так, формовочная смесь с 30% гипса марки 500 и кварцевым наполнителем при водомассовом отношении 0,44 (см. рис. 2, *б*, кривая 4) через 8 мин имеет растекаемость 10 см и является практически непригодной в работе. Введение щавелевой кислоты в данную смесь увеличивает растекаемость через 8 мин до 17 см (см. рис. 2, *б*, кривая 3).

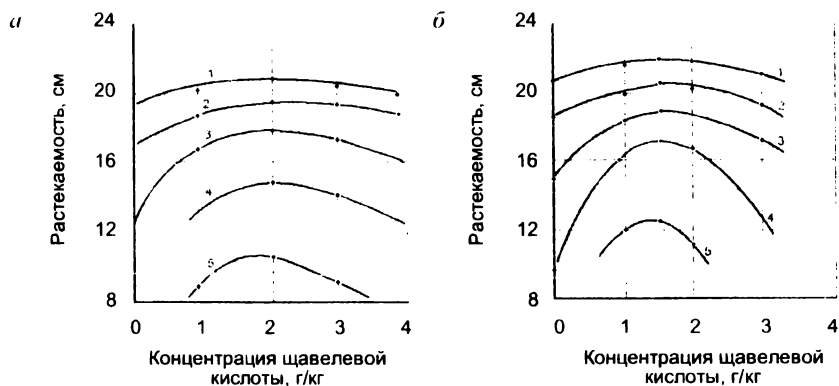


Рис. 2. Влияние концентрированной щавелевой кислоты на растекаемость смесей, содержащих гипс марки:

а 350; *б* 500; после затворения через (мин): 1 2; 2 – 4; 3 6; 4 – 8; 5 – 10

Таким образом, введение в состав смесей щавелевой кислоты в количестве 1,5 г на 1 кг сухой смеси увеличивает продолжительность периода текучести смесей и позволяет использовать их для изготовления форм без увеличения количества воды затворения.

Из кремнийорганических жидкостей был опробован используемый при литье по выплавляемым моделям гидролизованый этилсиликат-40. Введение его в смеси вызвало резкое увеличение растекаемости, максимум которой наблюдался при его содержании 5–10% от общего количества жидкой фазы. Увеличение растекаемости смесей при введении этилсиликата-40 объясняется его пластифицирующим действием, снижением трения между минеральными частицами, что наиболее полно проявляется в слабо структурированных смесях [1]. Эффективность действия кремнийорганических соединений повышается при совместном их введении с поверхностно-активными веществами [1, 2].

Определение растекаемости смесей показало, что с увеличением количества этилсиликата при оптимальном содержании щавелевой кислоты ее величина растет, но с увеличением времени с момента затворения смеси водой падает. Повышение содержания этилсиликата более 10% вызывает значительное увеличение объема смесей при вакуумировании и его продолжительности независимо от содержания гипса и водомассового отношения.

Таким образом, получение оптимальных технологических свойств формовочных смесей и качественных форм обеспечивается введением 1,5 г щавелевой кислоты на 1 кг сухой смеси и 5–10% гидролизованного этилсиликата-40 от общего количества жидкой фазы. При этом общее ее количество (вода + этилсиликат-40) для гипсокарцевых смесей должно быть не менее 44% ($v/m \geq 0,44$) для гипса марки 500. Гипсошамотные смеси характеризуются меньшим количеством жидкой фазы, содержание которой должно быть не менее 42% ($v/m \geq 0,42$). Для смесей, содержащих пылевидный кварц и золу, оно должно быть не менее 43% ($v/m \geq 0,43$).

Период текучести с увеличением водомассового отношения возрастает. Характер его возрастания не одинаков для смесей различного состава. Изменение содержания этилсиликата от 5 до 10% наиболее заметно влияет на период текучести смесей с шамотом, которые с этой точки зрения имеют значительные преимущества, так как период их текучести при одинаковом водомассовом отношении значительно больше, чем у смесей на основе пылевидного кварца.

В результате проведенных исследований удалось установить, что усовершенствованная методика на базе вискозиметра Сутгарда позволяет оперативно решать вопросы выбора оптимального состава смесей, водомассового отношения, времени живучести гипсовых формовочных смесей и обеспечивает получение качественных литейных форм и отливок.

Библиографический список

1. *Батраков В. Г.* Повышение долговечности бетона добавками кремнийорганических полимеров. М.: Стройиздат, 1968. 180 с.
2. Влияние некоторых органических и неорганических добавок на пластические свойства гипса / *Г. Г. Богаутдинова, Б. Б. Ратинов, Т. И. Розенберг и др.* // Тр. ВНИИЮП. 1957. Вып. 1. С. 71–78.
3. *Гутов Л. А., Демченко Ю. И., Дудаль Е. Н.* Результаты разработки формовочных смесей для точного литья ювелирных изделий // Литье по выплавляемым моделям в приборостроении. Свердловск, 1973. Вып. 2. С. 23–25.

4. Дудаль Е. Н., Готов Л. А. Исследование условий стабильности периода текучести формовочных масс для точного литья // Тр. ВНИИЮП. 1973. Вып. 2. С. 85–96.

5. Измайлова В. Н., Сагалова Е. Е., Ребиндер П. А. Исследование структурообразования в водных суспензиях гипса // Докл. АН СССР. 1956. Т. 107, вып. 3. С. 425–427.

6. Мак И. Л., Ратинов В. Б., Силенок С. Г. Производство гипса и гипсовых изделий. М.: Госстройиздат, 1961. 225 с.

7. Реологические исследования процессов твердения гипса / В. Б. Ратинов, Т. И. Розенберг, Г. Г. Богаутдинова, Г. Д. Сталикова // Коллоид. журн. 1956. Т. 18. С. 237–241.

**К. С. Худотеплов,
В. М. Миляев,
С. В. Елькин**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В СЫРЫХ СМЕСЯХ ПРИ ИХ НАГРЕВЕ

В настоящее время мелкосерийное стальное и чугунное литье на заводах массового и крупносерийного производства изготавливается в основном в сырых формах. Основные преимущества данного метода заключаются в значительном сокращении времени формирования отливок и снижении затрат на их изготовление.

Смеси для изготовления отливок в сырых формах должны обладать повышенной сырой прочностью (не ниже 0,065 МПа). Повышение сырой прочности не должно снижать текучесть смесей и их способность удовлетворительно заполнять пазы и поднутрения на моделях. Для этих целей в смесь вводят пенообразователь ДС-РАС, а для снижения вязкости – добавки типа ПФЛХ и т. д. Количество таких добавок не должно превышать 0,05–0,1% по отношению к жидким компонентам смеси.

Чтобы избежать наличия комков в смеси и улучшить ее уплотняемость, необходимо обеспечить ее хорошую сыпучесть. С этой целью влажность смесей поддерживается в пределах 3–5%.

Одним из основных компонентов в смесях сырой формовки для чугунного литья является угольная пыль, которая препятствует образованию