

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

пригара. Эта добавка, выгорая, снижает термические напряжения при расширении кварца и уменьшает вероятность образования ужимин, плен, засоров, особенно на развитых поверхностях отливок. При изготовлении стальных отливок данную функцию выполняют добавки древесных опилок или древесной муки и декстрина.

Из отечественной и зарубежной практики известно [3], что в формовочных смесях для сырой формовки широко используется возврат отработанной смеси. Это позволяет снизить их себестоимость и сократить отходы производства.

В отличие от заводов массового машиностроения, заводы тяжелого машиностроения мало изготавливают отливок методом сырой формовки. Это объясняется спецификой единичного и мелкосерийного производства, требующего изготовления отливок по гарантированной технологии, а также отсутствием поточных линий для изготовления форм для сырой формовки и поставки необходимых материалов с гарантированными свойствами.

Производство форм по-сырому с применением уплотнения с подпрессовкой отличается нестабильностью и приводит к повышению брака отливок по поверхностным дефектам (таблица).

Брак литья по чугунным отливкам массой до 150 кг
(по данным ОАО «Уралмашзавод»)

Признак брака	Количество, %
Ужимина	28,96
Пригар	19,07
Отклонение формы и размеров	15,90
Залив (облой)	14,68
Газовая пористость	12,51
Прорыв металла	4,48
Засор	1,91
Недолив	0,87
Спай	0,78
Раковина усадочная	0,49
Трещины	0,17
Отклонения от заданного технологического процесса	0,16
<i>Итого</i>	100,00

Из таблицы видно, что основными поверхностными дефектами по вине формы являются ужимины (28,96% от общего количества брака), пригар (19,07%), газовая пористость (12,51%) и засоры (1,91%).

Указанные дефекты и факторы, влияющие на их образование, хорошо изучены. Однако действие этих факторов должно рассматриваться в комплексе. Так, например, мелкий гранулометрический состав смеси предотвращает образование пригара, но способствует возникновению ужимин и газовых дефектов. Наличие демпфирующих добавок снижает вероятность образования ужимин и пригара, но повышает вероятность появления газовой пористости. Высокая степень уплотнения уменьшает пригар и засоры, но может привести к возникновению ужимин и газовых раковин. Повышение прочности в сыром состоянии предотвращает появление ужимин и засоров, но может вызвать образование пригара и просечек.

Изучение разнообразных составов сырых смесей позволило сделать следующие выводы:

1. На образование поверхностных дефектов оказывает влияние состав и структура формовочной смеси.

2. Мероприятия, связанные с предотвращением поверхностных дефектов, должны быть неразрывно связаны с изучением технологических свойств формовочной смеси.

3. Разрабатываемые мероприятия должны быть оценены в комплексе по степени их влияния на образование поверхностных дефектов. Недопустимо снижение вероятности образования одного дефекта в ущерб другим.

Следует помнить, что невозможно создать универсальную смесь, удовлетворяющую по своим свойствам широкому кругу требований, вытекающих из практики литейного производства. Поэтому в зависимости от конкретных условий необходимо уметь выбирать смесь, обладающую необходимыми свойствами, исходя из реальных требований производства.

Как известно, формовочные и стержневые смеси должны обладать определенными свойствами на различных стадиях их использования. Можно выделить свойства смесей при их приготовлении, в процессе которого исходные формовочные материалы находятся в дисперсном состоянии; при уплотнении смесей в процессе приготовления форм и стержней; при взаимодействии с жидким металлом; свойства, обеспечивающие тепловой режим форм и стержней и выбивку отливок с наименьшими энергетическими затратами.

Как показали эксперименты, наиболее значимыми в процессе образования поверхностных дефектов являются показатели прочности смесей в сыром состоянии, насыпной плотности и уплотняемости при нормальных

температурах, прочности при практически мгновенном нагреве незначительного по толщине слоя смеси при контакте с жидким металлом с началом заливки.

При нагреве сырой литейной формы залитым металлом (за счет контакта или излучения) происходит расширение ее рабочей полости, сопровождающееся увеличением ее объема и образованием таких дефектов, как ужимины, засоры, пригар, газовая пористость.

Анализ экспериментальных данных и сведений, содержащихся в литературе [1], показывает, что термическое расширение рабочей полости формы продолжается до тех пор, пока температура поверхности формы повышается или сохраняется постоянной, и что расширение в основном происходит в поверхностном слое, быстро затухая по глубине.

В работах разных авторов [2, 4, 5, 6] принята модель термического расширения, в которой расширение формы определяется расширением сухой корки, связанной с основной массой смеси как с упругим основанием. При этом свободное относительное расширение неравномерно нагретой сухой корки (пластинки), которая не изгибается, определено как произведение коэффициента линейного расширения на среднеинтегральную температуру. Эти параметры достаточно сложно оценить в реальных условиях производства.

Экспериментальные замеры деформации смеси при мгновенном (при заливке металла) нагреве показывают, что сырая литейная форма после заливки металла некоторое время непрерывно расширяется. Это способствует ее разрушению (растрескиванию, отслоению) и может являться причиной образования дефектов в отливках. Поэтому мы предполагали, что расширение рабочей полости формы можно рассматривать как расширение прежде всего поверхностной сухой корки и что ее разрушение и является причиной образования поверхностных дефектов.

На основе экспериментальных исследований термического воздействия на разные виды технологических проб была сделана попытка изучить склонность применяемых в производстве смесей к образованию поверхностных дефектов отливок и разработать новые составы формовочных смесей, значительно снижающих вероятность образования этих дефектов.

В качестве исследуемых факторов, определяющих процесс образования поверхностных дефектов, приняты следующие:

- состав и влажность смеси;
- физико-механические и технологические свойства смеси;

• демпфирующие, пластифицирующие и другие добавки, вводимые в смесь для снижения термических напряжений или увеличения прочности переувлажненного слоя смеси;

• насыпная плотность и уплотняемость;

• температура нагрева и продолжительность выдержки образцов смеси до образования в них поверхностных трещин.

Как показали эксперименты, высокие показатели насыпной плотности и уплотняемости приводят к образованию ужимин, низкие значения этих показателей – к возникновению просечек и пригара.

В соответствии с методикой, разработанной С. С. Жуковским применительно к холоднотвердеющим смесям, были определены количественные характеристики оценки склонности смесей к тому или иному виду дефектов.

На образцах смесей различных составов изучалось время образования поверхностной трещины при изменении температуры нагрева образцов от 800 до 1200 °С через каждые 100 °С, при этом время образования трещины изменялось от 1 до 8,5 мин. Как показали эксперименты, для всех изучаемых смесей зависимость между величиной $1/\tau$, где τ – время образования трещины, и температурой являлась прямой величиной. Тангенс угла наклона этой прямой численно равен величине, которая называется константой трещинообразования. Чем меньше константа трещинообразования, тем в меньшей степени смесь склонна к образованию ужимин.

Однако смеси, имеющие наименьшие показатели константы трещинообразования, могут давать пригар и просечки. Отсюда следует вывод, что разработать новый состав смеси, обеспечивающей получение отливок без дефектов, можно только после изучения таких технологических свойств, как уплотняемость и насыпная плотность.

На основе проведенных экспериментов рекомендованы к введению смеси для чугунного и стального литья при изготовлении отливок в сырых формах.

Библиографический список

1. Гуляев Б. Б. Корнюшкин О. А., Кузин А. В. Формовочные процессы. Л.: Машиностроение, 1987. 263 с.

2. Левелинк Ф. Поведение формовочных материалов при мгновенном нагреве и образование плен // 26-й международный конгресс литейщиков. М., 1961. С. 67.

3. *Поляков Я. Г.* Литейное производство за рубежом. М.: Машгиз, 1958. 251 с.

4. *Триггер В. К.* Термическое расширение сырой формы как расширение растущей сухой корки // Литейное производство в автомобилестроении: Сб. науч. тр. М., 1989. С. 20–24.

5. *Трухов А. П.* Влияние конструктивно-технологических параметров сырых песчано-глинистых форм на образование пригара на отливках // Там же. С. 16–18.

6. *Трухов А. П.* Склонность формовочных смесей к образованию ужимин // Там же. С. 26–28.

**К. С. Худотеплов,
В. М. Миляев**

МЕТОДИКА ПОДБОРА ПРОТИВОПРИГАРНЫХ ПАСТ ДЛЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Основной мерой предупреждения пригара в настоящее время является использование специальных облицовочных смесей, а также нанесение на поверхность формы специальных противопригарных покрытий на основе огнеупорных материалов. Противопригарные краски в основном используются при получении отливок массой до 3–5 т, тогда как облицовочные смеси и пасты применяются на более крупном литье. Противопригарные пасты и краски имеют сходное назначение:

- предохранять поверхность отливок от образования пригара — прочного соединения формовочной (стержневой) смеси и поверхности отливки в результате тепловых, механических и физико-химических процессов, происходящих в период заливки, затвердевания и охлаждения отливки;
- увеличивать поверхностную прочность форм и стержней и исключать их осыпание;
- обеспечивать чистоту необрабатываемых поверхностей отливки;
- придавать поверхностному слою отливки заданные свойства.

Длительный производственный опыт использования противопригарных паст выявил ряд недостатков, снижающих качество литых изделий, в частности отсутствие методик измерения важных технологических свойств: структурной вязкости, седиментационной устойчивости, склонно-