

СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОСТЕЛЬНЫХ СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Русевич О.А., Гуминский Ю.Ю.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

В литейных цехах, в настоящее время, в качестве стержневых смесей используют холодно твердеющие смеси (ХТС). Данные смеси отличаются хорошими технологическими свойствами, такими как прочность, выбиваемость, живучесть и т.д. Однако они имеют существенные недостатки, главными из которых являются низкая экологичность и высокая газотворная способность, которая приводит к риску получения газовых дефектов в теле отливки. При заливки расплавом, под действием высоких температур смолы, являющиеся связующими материалами в ХТС, начинают выделять огромное количество токсичный и канцерогенных веществ, таких как аммиак, ацетон, акролеин, фенол, формальдегид, фурфурол и т.д.

Одним из решений данной проблемы видится переход от смоляных связующих к более экологически чистым. Например, жидкостекольное связующее, которое удовлетворяет экологическим требованиям и имеет достаточно высокие показатели технологических свойств. Но стержневым смесям, на его основе характерны такие недостатки, как плохая выбиваемость стержней и высокая хрупкость поверхностного слоя.

В последнее время ведется множество работ по улучшению этих качеств. Условно данные работы можно разделить на три группы [3]:

- различные добавки в смесь, во время перемешивания в смесителе;
- модифицирование непосредственно жидкостекольного связующего;
- различные способы физического воздействия как на смесь, так и на связующее.

В данной статье поговорим о способах модифицирования жидкостекольного связующего материала.

Афанасьева Р.С провела работу по исследованию и разработке способов получения жидкостекольных связующих прямым синтезом на базе недефицитных материалов, и том числе и различных отходов производства, способствующих улучшению физико-механических свойств и выбиваемости формовочных и стержневых смесей. [1] Решению вопроса повышения эффективности применения жидкостекольных связующих в плане сокращения длительности процесса прямого синтеза, улучшения термостойкости связующих и смесей на их основе, целесообразно применение неорганических модификаторов, способных воздействовать на процессы, протекающие в них при нагревании в высокотемпературной области ($>800^{\circ}\text{C}$). К ним относятся материалы, содержащие фосфат-ион и алюминат-ион.

Оптимальное содержание фосфат-иона и алюминат-иона в составе МСС составляет 0,4—0,6%. Как уже отмечалось, МСС обладают пониженным, по

сравнению с жидким стеклом, поверхностным натяжением, что создало возможность сократить расход ПАВ в составах ЖСС (в 3 раза), не снизив при этом текучесть смесей (табл. 2). Благодаря повышенной когезионной прочности пленок у всех модифицированных связующих их содержание в составах смесей снижено на 20—30%.

Также в ходе исследования по прямому синтезу модифицированных силикатных связующих (МСС) выявлено, что гидробаротермальная обработка активированного кремнезема в присутствии модификаторов позволяет получать силикатные связующие с новым уровнем свойств [1].

На основе полученных данных были сделаны выводы о том, что связующие, модифицированные ПАВ и алюминат-ионом, отличаются от немодифицированного жидкого стекла пониженной вязкостью, имеют более низкие значения поверхностного натяжения и краевого угла смачивания, а также увеличение когезионной прочности пленок.

Таким образом, исследование свойств смесей показало, что наиболее эффективными и перспективными для промышленной проверки являются силикофосфатные связующие, использование которых обеспечивает как повышение поверхностной и объемной прочности, так и облегчение выбиваемости и регенерируемости смесей.

Фирстовым А.П. было предложено провести разработку составов покрытий на основе натриевого жидкого стекла для песчаноглинистых форм, позволяющую улучшить качество отливки за счет предупреждения эрозии их поверхности [2].

Им был изучен процесс гелеобразования в системе жидкое стекло – кислота. Жидкое стекло при высыхании образует пленку молекулярного состава с диаметром структурных части размерами от одного до 10 нм. Образуется плотная упаковка покрытия, снижающая подвижность воды в литейной краске. Для образования пористого литейного покрытия с размерами пор 100...500 нм в жидком стекле его необходимо обработать кислотой и получить гель ортокремниевой кислоты. Самыми простыми реагентами являются кислоты со средней силой диссоциации (борная, уксусная, малеиновая, глутаровая, янтарная и т.д.). Сильные кислоты даже при низких концентрациях хорошо образуют гель кремниевой кислоты, но образуют соли, которые экологически вредны для литейного производства.

Для определения влияния плотности жидкого стекла и щавелевой кислоты на живучесть литейного покрытия были проведены опыты методом кислотно-основного титрования с использованием рН метра. Результаты представлены в таблице 1.

Эксперименты показали, что, изменяя плотность жидкого стекла и объемное соотношение его с кислотой, можно получать требуемую живучесть. Контролируя постоянно рН, можно уверенно получать требуемую пористость покрытия и его живучесть. Структурообразование пленок жидкого стекла происходит за счет слипания коллоидных частиц, сопровождающееся увеличением вязкости системы. Затем возникает трехмерная сетка и выделяется твердое по-

ристое вещество – гидрогель. На обеих стадиях этого процесса идет реакция конденсации с образованием $\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$ - связей. Однако на первой стадии образуются первичные частицы коллоидной ортокремниевой кислоты, а на второй - межглобулярные, удерживающие частицы в фиксированном положении.

Таблица 1 - Взаимосвязь живучести покрытий от pH

Живучесть	ρ , кг/м ³	Отношение объемов растворов щавелевой кислоты и жидкого стекла								
		0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
Минут	1100	56	27	3,5	1,16	0,47	0,33	-	-	-
pH		10,2	10,15	-	-	-	-	-	-	-
Минут	1150	-	160	112	44,5	15,5	2,75	1,33	0,48	
pH		-	10,3	10,25	10,22	10,15	-	-	-	-
Минут	1200	-	-	-	-	115	56	43	17,5	6,3
pH		-	-	-	-	10,3	10,25	10,2	10,17	10,15

По результатам экспериментов, автором было определено, что наибольшую пористость обеспечивает высокомодульное жидкое стекло при соотношении с кислотой 1:1,6, при этом пористость пленок увеличивается по сравнению с пористостью пленок необработанного жидкого стекла в 10 раз. Также установили, что пониженная плотность приводит к резким скачкам по времени коагуляции и понижению свойств жидкостекольной основы для будущей краски. Процентное содержание дисперсионной среды в красках, отверждаемых кислотой, существенно не влияет на изменение внутренних напряжений, но чем выше модуль стекла, тем выше напряжения.

В результате проведенных экспериментов установлено, что наилучшие показатели по качеству поверхности формы после взаимодействия с движущимся металлом получаются из покрытий с жидким стеклом, обработанным кислотой [2].

Для улучшения выбиваемости жидкостекольных смесей, Юрасовым В.В. был предложен метод изготовления жидкостекольного связующего, изготавливаемого безавтоклавным растворением в нагретой до 80 °С воде нанодиспергированного ударно-волновой обработкой (УВО) щелочного силиката натрия, взамен производимого традиционными методами автоклавного растворения.

В работе было установлено, что гранулометрический состав диспергированного УВО щелочного силиката натрия определяется величиной импульса давления, возникающего при отражении детонационной волны от металлической стенки пресс формы; при этом получение основной фракции с размером частиц 100 ... 200 им достигается при реализации импульса давления в диапазоне 0,12 ... 0,16 МПа. Обнаружен эффект существенного сокращения, до 5 минут, времени растворения наноразмерного щелочного силиката натрия безавтоклавным способом, при температуре воды 80°С. Показано, что вследствие возрастания адгезии разработанного жидкого стекла к кварцу, краевой угол смачивания последнего сокращается по отношению к обычному связующему на 18 ...

20%, обеспечивая при приготовлении и отверждении смеси формирование более плотных пленок на зернах наполнителя и упрочнение манжет. Установлено, что при высушивании разработанного жидкого стекла существенная, по отношению к обычному, неоднородность размеров частиц коллоидного кремнезема - 2 ... 30 нм, обеспечивает более плотные и компактные упаковки последних, приводя к возрастанию прочности пленок связующего на 27... 34 %, а, следовательно, и тождественному повышению предела прочности смесей, поскольку последние разрушаются по когезионному механизму.

Приготовление жидкостекольного связующего при помощи энергии бризантных взрывчатых веществ, поскольку данный способ обеспечивает высокие силовые параметры нагружения без значительных капитальных затрат, за счет исключения применения сложных энергоемких машин и механизмов, также не накладывает каких-либо ограничений на объем обрабатываемого материала. Вместе с тем, особенности процесса ударно-волновой обработки сырьевых растворяемых материалов производства жидкого стекла не изучены до настоящего времени, что предопределяет необходимость рационального выбора схем и определения оптимальных параметров режима взрывного нагружения на основе экспериментальных исследований [4].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что исследования в области улучшения качества жидкостекольного связующего активно ведутся и по сей день и они являются перспективными. Так же перспективным видится в качестве модификаторов использовать наноструктурированные материалы, которые в разы меньше размер глобулы силиката натрия. Введение различных специальных добавок в жидкостекольное связующее позволяет не только улучшать технологические свойства смеси, но и снижать затраты самого связующего для приготовления стержневой смеси.

Литература:

1. *Афанасьева, Р.С.* Разработка процесса прямого синтеза силикатных связующих и оптимизация составов смесей на их основе – автореф. диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук / Р.С. Афанасьева. Минск, 1992.
2. *Фирстов, А.П.* Литейные противозерозионные формовочные покрытия на связующем из модифицированного жидкого стекла: автореф. диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук / А.П. Фирстов. Челябинск, 2007.
3. *Крутилин, А.Н.* Влияние вакуума на свойства жидкостекольных смесей / А.Н. Крутилин, Ю.Ю. Гуминский // Инновации в машиностроении (инмаш-2015). Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. Кемерово, 2015. с. 451-456.
4. *Юрасов, В.В.* Разработка технологических процессов приготовления связующего жидкостекольных смесей из наноразмерных кремнеземсодержащих материалов для производства стальных отливок автореф. диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук / В.В. Юрасов. Нижний Новгород – 2011.