



УДК 621.74

Поступила 31.03.2017

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОСТЕКОВЫХ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ЛИТЬЕ

POSSIBILITY OF APPLICATION OF SODIUM SILICATE IN MOULDING AND CORE SAND MIXTURES IN ART CASTING

С. С. ТКАЧЕНКО, В. С. КРИВИЦКИЙ, В. О. ЕМЕЛЬЯНОВ, К. В. МАРТЫНОВ, Филиал РАО ТМ «Литейный двор», Ассоциация литейщиков Санкт-Петербурга и Ленинградской области (ЛенАл), Санкт-Петербург, Россия, ул. Дрезденская, 16А. E-mail: spblenal@mail.ru

S. S. TKACHENKO, V. S. KRIVITSKIY, V. O. YEMELYANOV, K. V. MARTYNOV, Branch PAX TM «Cast House», Association of founders of St. Petersburg and the Leningrad region (LenAl), St. Petersburg, Russia, 16A, Dresdenskaya str. E-mail: spblenal@mail.ru

В 21-м веке вопросы экологии выходят на первый план. 2017-й год объявлен в России годом экологии.

В статье рассматриваются возможности применения жидкого стекла и фосфатных связующих для изготовления крупных форм и стержней в станкостроении.

The environmental issues come to the forefront in the 21st century. The 2017th year is announced in Russia as the year of ecology. The possibilities of application of sodium silicate and phosphate binder for production of large forms and cores in machine-tool industry are considered in the article.

Ключевые слова. Жидкое стекло, фосфатное связующее для стержневых смесей, фоскон- процесс.

Keywords. Liquid glass, phosphate binder for core sand mixes, foskon-process.

Обострение политической и экономической обстановки в мире, введение экономических санкций против России в связи с воссоединением Крыма и гражданской войной на Украине, блокада с поставкой материалов и оборудования со стороны США и стран Евросоюза не могли не сказаться на развитии отечественного литейного производства. В связи с этим на первый план вышли задачи ресурсосбережения и импортозамещения. Правительство нашей страны ставит задачу не простого замещения импортных товаров изделиями отечественного производства, а конкурентоспособными товарами, обеспечивающими в дальнейшем стабильное развитие экономики.

Поскольку в нашей стране на единицу продукции литейного производства потребляется в несколько раз больше электроэнергии, сырья, материалов, воды, чем в других развитых странах, то одним из важных факторов в решении проблемы в этом направлении является улучшение экологической обстановки с целью сохранения качества жизни своего народа и будущих поколений, гарантирующее более полную реализацию человеческого потенциала в увеличении объемов производства и улучшении качества производимой продукции. Эти тезисы остаются актуальными при производстве художественного литья.

В связи с изложенным перспективными являются технологии производства стержней и форм на основе неорганических связующих систем, имеющих ряд серьезных преимуществ перед системами на органике, в том числе гарантированное наличие сырьевых материалов в промышленных объемах, разнообразие способов отверждения, улучшение санитарно-гигиенических условий труда на рабочих местах, отсутствие выделений вредных веществ, высокая термостойкость [1].

В отечественном машиностроении при изготовлении отливок мелких серий наибольшее распространение получили смеси на основе жидкого стекла и прежде всего CO_2 -процесс. Смесь песка и связующего после перемешивания уплотняют в стержневом ящике или в опоке и затем продувают углекислым газом. После продувки в течение нескольких секунд смесь приобретает манипуляторную прочность, до-

статочную для последующих операций – извлечения модели, извлечения стержня из стержневого ящика, окраски, транспортировки, хранения, сборки и заливки формы.

В процессе внедрения этой технологии выявлен ряд недостатков: неудовлетворительная выбиваемость, гигроскопичность, недостаточная прочность и текучесть смесей, сложность процесса регенерации. Хотя технология применяется несколько десятилетий, она постоянно совершенствуется. За многие годы литейщики за счет изучения механизма твердения жидкого стекла, использования различных добавок научились управлять процессом упрочнения и других технологических свойств жидкостекольных смесей [3]. Например, установлено, что наиболее твердые и прочные гели получаются при низких значениях рН, т. е. низкомолекулярных стекол. При высоком модуле увеличивается размер глобул и делается более рыхлой их упаковка. На прочность смеси также влияет усадка геля при высушивании или естественном обезвоживании. При высоком модуле гель является плотным и хрупким и поэтому может растрескиваться. Исследования ЦНИИТмаша показали, что прочность жидкостекольных смесей при нагреве имеет два максимума: в зоне 200–300 и 500–800 °С. Снижение прочности во втором температурном интервале может быть достигнуто введением неорганических добавок.

Область применения жидкостекольных смесей постоянно расширяется: если в первый период освоения применяли в основном CO_2 -процесс для отливок массой до 1 т и габаритами до 1 м, то в дальнейшем для тяжелых отливок применяли жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС) для форм и стержней. Для массового производства отливок используются модифицированное жидкое стекло и нагреваемая оснастка, а для холоднотвердеющих смесей (ХТС) с жидким стеклом отвердителями служат углекислый газ, двухкальциевый силикат (феррохромовый шлак) и сложные эфиры.

Если вопросы упрочнения и структурообразования жидкостекольных смесей широко обсуждали в отечественной и зарубежной литературе, то ряд технологических приемов из заводского опыта таким обсуждениям не подвергались. Они могут быть полезными в сложившейся ситуации. В связи с проектированием автоматизированных линий для изготовления стержней из жидкостекольных смесей на Ленинградском станкозаводе им. Свердлова специалисты ВПТИЛитпром проводили исследования технологических свойств смесей в автоматизированном режиме.

Стандартные испытания формовочных смесей на прочность, влажность и газопроницаемость не могли служить критерием для решения задачи. Проводили комплексное исследование технологических свойств стержневых смесей: прилипаемости, живучести, текучести, выбиваемости, осыпаемости, гигроскопичности, прочности в сыром и упрочненном состоянии. Исследовали жидкостекольные смеси с добавками хризотилового асбеста (7-го сорта), шамотного порошка, боксита, битума и торфяной золы, угольной пыли. Наилучшим комплексом технологических свойств в условиях линии обладали смеси с 4,5% жидкого стекла модуля 2,5 с добавками 3% торфяной золы или угольной пыли марки «Г», 5% асбестовой крошки. Они отличались хорошей выбиваемостью при повышенных температурах (по методике ЦНИИТмаш добавки работали как надрезы в затвердевшем геле кремниевой кислоты), а смеси – повышенной текучестью (торфяная зола) и уплотняемостью (асбест). Режимы продувки CO_2 для крупных стержней отработывали на экспериментальной установке, позволяющей изменять в определенных пределах и контролировать следующие параметры: давление углекислого газа, сжатого воздуха и газовой смеси, расход углекислого газа и сжатого воздуха, время продувки стержней, способ подвода газа к стержню сверху или снизу, концентрацию газа в газовой смеси.

Для моделирования процесса изготовления стержня из смеси с асбестом применяли вытряхной ящик с внутренними габаритами 505×300×950 мм. Испытания проводили при постоянном уплотнении стержня – 20 ударах встряхивающего стола машины мод. 233. Путем установки перегородок в стержневом ящике изготавливали три ленточных стержня размером 505×75×950 мм, которые испытывали на изгиб по схеме балки, защемленной одним концом и нагруженной распределенной или сосредоточенной нагрузками.

Исследованиями установлено, что формирование прочности стержней при продувке углекислым газом обусловлено двумя факторами: скоростью затвердевания (или перемещения границы упрочнения) и скоростью нарастания прочности. Оба этих фактора зависят от вида добавки, времени продувки и величины давления газа (увеличение двух последних параметров целесообразно лишь до определенной оптимальной величины).

Изучение процесса упрочнения стержня на экспериментальной установке показало, что:

1) с целью лучшей герметизации стержневого ящика (опоки) и равномерного формирования фронта продувки по сечению изделия целесообразно применение перфорированной резиновой диафрагмы толщиной 3 мм с шагом между отверстиями 50 мм и диаметром отверстий 2 мм;

2) продувка стержней смесью углекислого газа и сжатого воздуха принципиально возможна; для получения необходимой прочности стержней оптимальной концентрацией газа следует считать 60%;

3) оптимальными параметрами работы установки в реальном производстве являются: давление газа над стержнем – 0,3–0,4 атм при подводе газа сверху; время продувки – 20–120 с для стержней высотой соответственно 200–1200 мм.

В результате обобщения полученных данных построены графики продувки для стержней различных весовых категорий на поточных линиях. Режим работы установки должен выбираться из условий получения заданной прочности (в нашем примере 1,5 кг/см² при испытании на растяжение или 2,17 кг/см² при испытании на изгиб).

Установлено, что фронт заданной прочности продвигается при продувке углекислым газом пропорционально квадратному корню от времени: $H = 100/t$, где H – глубина заданной прочности, мм; t – продолжительность продувки, с. При использовании установки производительность одного рабочего увеличивается в 13 раз. Расход углекислого газа сокращается в 3,5 раза [2].

Проведенные исследования позволили выдать соответствующие рабочие рекомендации на все станко-заводы России и решить проблемы с затрудненной выбиваемостью жидкостекольных стержней.

Процесс формообразования с использованием жидкостекольных смесей можно использовать для изготовления простого и сложного художественного литья (отливок). Для снижения шероховатости художественного изделия и повышения производительности формовщиков и чеканщиков предлагается жидкостекольная формовочная смесь с добавлением бентонита в количестве 3,0–3,5%, что создаст высокую пластичность и формуемость, а продувка углекислым газом позволит отверждать соответствующие части формы (куски) за 30–60 с. Обеспечение изделию (бронзовой скульптуре) повышенной чистоты и минимальной шероховатости позволит применять мелкий кварцевый песок крупностью не более 0,16–0,20 мм (ГОСТ2138-91).

Изготовление отливок из разных сплавов в формах и со стержнями из неорганических (жидкостекольных, металлофосфатных) смесей является привлекательной альтернативой интенсивно развивающимся в начале 80-х годов XX столетия процессам изготовления отливок с использованием синтетических смол, которые наряду с достоинствами имеют ряд недостатков, прежде всего по экологическим показателям в связи с выделением газов и парообразных продуктов термодеструкции связующих.

При нагреве синтетических органических связующих до 400 °С в основном преобладают процессы испарения высоколетучих компонентов (водяной пар, органические растворители); при нагреве в интервале 400–800 °С выделяются продукты термического разложения органических связующих (ароматические углеводороды, фурфурол, фурфуроловый спирт, фенол, бензол, толуол, крезол, формальдегид, изоцианиты, амины, аммиак); при нагреве в интервале 800–1200 °С имеют место процессы с образованием CO, CO₂, CH₄, SO₂, что отрицательно сказывается на санитарно-экологическую ситуацию на рабочих местах и особенно на здоровье работающих.

Литература

1. Жуковский С. С. Изготовление стержней из жидкостекольных смесей в массовом производстве отливок // Тр. 9-й Междунар. науч.-практ. конф. «Литейное производство сегодня и завтра», СПб, 2012.
2. Кривицкий В. С., Гуляев Б. Б., Фомченко С. И., Евстафьев И. Н. Изготовление стержней и форм на автоматизированных линиях // Технологические основы автоматизации литейных процессов. М., 1967.
3. Ткаченко С. С., Кривицкий В. С. Перспективы внедрения ХТС на неорганических связующих // Тр. 8-го съезда литейщиков России, Ростов-на Дону, 2007.

References

1. Zhukovskij S. S. Izgotovlenie sterzhnej iz zhidkostekol'nyh smesej v massovom proizvodstve otlivok [Manufacturing of cores from liquid-glass mixtures in mass production of castings]. *Trudy 9-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Litejnoe proizvodstvo segodnja i zavtra» = Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference «Foundry production today and tomorrow*. Sankt-Peterburg, 2012.
2. Krivitskij V. S., Guljaev B. B., Fomchenko S. I., Evstaf'ev I. N. Izgotovlenie sterzhnej i form na avtomatizirovannyh liniyah [Manufacturing of rods and forms on automated lines]. *Tehnologicheskie osnovy avtomatizacii litejnyh processov = Technological foundations of automation of casting processes*. Moscow, 1967.
3. Tkachenko S. S., Krivitskij V. S. Perspektivy vnedrenija HTS na neorganicheskih svjazujushhij [Prospects for the introduction of HTS on inorganic binders]. *Trudy 8-go sezda litejshhikov Rossii = Proceedings of the 8th Congress of Foundry Managers of Russia*. Rostov-na-Donu, 2007.