

УДК 621.744:620.113

Н. Ш. Исмаилов

Азербайджанский технический университет, Баку

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ ПУТЕМ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Исследованы основные физико-химические и технологические свойства кварцевых песков и бентонитов месторождений Азербайджана. Предложена методика их обработки для улучшения технологических свойств. Достигнуто улучшение технологических свойств местных формовочных материалов за счет механохимической обработки. Показана возможность эффективного использования кварцевых песков и бентонитов месторождений Азербайджана для изготовления качественных литейных форм.

Ключевые слова: песчано-глинистые смеси, технологические свойства, кварцевый песок, бентонит.

Досліджено основні фізико-хімічні та технологічні властивості кварцових пісків та бентонітів родовищ Азербайджану. Запропоновано методику їх обробки для покращення технологічних властивостей. Досягнуто покращення технологічних властивостей місцевих формувальних матеріалів за рахунок механохімічної обробки. Показана можливість ефективного використання кварцових пісків і бентонітів родовищ Азербайджану для виготовлення якісних ливарних форм.

Ключові слова: піщано-глинисті суміші, технологічні властивості, кварцовий пісок, бентоніт.

The main physico-chemical and technological properties of quartz sand and bentonite deposits of Azerbaijan have been investigated. The methods of their processing for the improvement of technological properties have been proposed. Improvement of technological properties of local molding materials by mechanochemical processing has been achieved. The possibility of the effective use of quartz sand and bentonite from deposits of Azerbaijan to manufacture high-quality molds has been shown.

Keywords: sand-clay mixtures, technological properties, quartz sand, bentonite.

В настоящее время примерно 80 % мирового выпуска отливок производится в формах, полученных из синтетических песчано-глинистых смесей (ПГС). Физико-химические процессы при формировании структуры и свойств формовочных смесей оказывают существенное влияние на технологические свойства литейных форм, а, следовательно, и на качество отливок. Свойства смесей, в свою очередь, зависят от качественных показателей применяемых формовочных материалов [1-3].

В настоящее время в Азербайджане наблюдается подъем многих отраслей промышленности, в частности, энергетического, металлургического и машиностроительного комплексов. Поэтому весьма важно обеспечить базовые отрасли промышленности литейными заготовками, ориентируясь на широкое использование собственных ресурсов, включая местные формовочные материалы.

Целью работы является обеспечение качества литейных форм на основе улучшения физико-механических и технологических свойств песчано-глинистых смесей при рациональном использовании местных сырьевых ресурсов.

Анализ литературных источников по вопросу разработки прогрессивных технологий изготовления литейных форм и повышения физико-механических и технологических свойств песчано-глинистых смесей (ПГС) показывает, что в настоящее время большое внимание уделяется проблемам технологического обеспечения качества форм, которые формируют основные эксплуатационные свойства литых заготовок [4, 5]. При этом особое внимание должно быть уделено формовочным пескам и глинам, что обусловлено их существенным влиянием на качество отливок, в частности, их размерную точность, а также структуру и свойства металла.

При разработке ресурсосберегающих и экологически благополучных технологий изготовления литейных форм представляется рациональным максимальное использование местных природных сырьевых ресурсов, в том числе кварцевых песков, бентонитов и различных техногенных отходов. Сравнение преимуществ и недостатков современных способов изготовления отливок показывает, что формы из ПГС в обозримом будущем сохраняют свою технико-экономическую и экологическую эффективность при условии применения местных формовочных материалов. Поэтому совершенствование процессов изготовления литейных форм из ПГС признано важной и актуальной научно-практической задачей.

Решение вопросов технологического обеспечения качества литейных форм проводится по следующим направлениям: разработка эффективных методов физико-химического воздействия и поиск недефицитных, экологически чистых и дешевых местных наполнителей; уменьшение расхода дорогих связующих, замена их местными глинами и бентонитами, а также различными отходами промышленности; активация и модификация связующих материалов с целью получения высокопрочных смесей различного функционального назначения; разработка эффективных способов повышения качества литейных форм из ПГС и предотвращение дефектов на машиностроительных отливках.

Обобщение современных представлений о физико-химических процессах формирования механических свойств формовочных смесей (ФС) на макро- и микроуровнях показывает, что формирование физико-механических свойств ФС связано с образованием коагуляционных структур с микропористостью манжеты связующего на зернах наполнителя. Экспериментальные данные позволяют построить реологические кривые бентонитовых и глинистых суспензий и определить структурно-механические свойства и кинетику образования коагуляционных контактов в ПГС [6].

Установлено, что в процессе перемешивания смеси в результате обволакивания на зернах кварцевых песков образуются пленки, а в контактных зонах – стыковые манжеты, находящиеся в равновесии за счет капиллярных сил и когезионной прочности жидкой фазы связующего.

Исследование основных физико-химических и технологических свойств местных кварцевых песков и разработка методов их обработки для повышения качества позволяют считать перспективными пески Сулутепинское и Гокмалинское на Абшероне, Адживелинское в Гобустане и Зейидское в Кубинском районе. Сулутепинские кварцевые пески мелкозернистые, серые, нередко окрашены в желтые, серые и буроватые тона. Средний гранулометрический состав следующий, %: 1,60-0,40 мм – 4,22;

0,20-0,10 мм – 66,31; 0,063 мм и менее – 14,36. В химическом составе кварцевых песков отмечается в среднем, %: SiO_2 – 85,1; Fe_2O_3 – 2,20. Среднее содержание кварца составляет 80 %. После обогащения содержание SiO_2 составляет в среднем 96,35 %, Fe_2O_3 – 0,36 %.

Гокмалинские кварцевые пески мелкозернистые, от желтовато-бурого до серого цветов. Средний гранулометрический состав, %: 1,60-0,40 мм – 5,09; 0,20-0,10 мм – 63,25; 0,063 мм и менее – 12,01. В химическом составе среднее содержание SiO_2 – 83,27 %; Fe_2O_3 – 1,87 %. **Количество кварца в среднем составляет 75 %.** После обогащения качество кварцевого песка заметно улучшается, %: SiO_2 – 94,8; Fe_2O_3 – 0,56. Адживелинские кварцевые пески серые, светло-серые до белого. Гранулометрический состав песков в среднем составляет, %: 1,0-0,315 мм – 1,85; 0,2-0,1 мм – 58,06; 0,063 мм и менее – 39,15. Химический состав в среднем, %: SiO_2 – 91,53; Fe_2O_3 – 0,99. В минералогическом составе песков среднее количество кварца составляет 85 %. В результате обогащения качество песков улучшается, %: SiO_2 – 96,93; Fe_2O_3 – 0,34. Зейидские пески мелкозернистые, имеют белый и беловато-серый цвет. Гранулометрический состав в среднем, %: 0,50-0,25 мм – 3,00-8,45; 0,25-0,10 мм – 85,25-92,10; 0,10-0,01 мм – 2,40-5,50; 0,01-0,001 мм – 0,010-0,50. Средний химический состав, %: SiO_2 – 94,19; Fe_2O_3 – 0,22. В минералогическом составе песков среднее количество кварца составляет до 95 %.

Исследовали состояние поверхности зерен кварцевых песков, определили количество адсорбционных слоев молекул воды и групп – **ОН, распределение химических элементов** в аутогенных пленках при помощи растрового электронного микроскопа РЭМ-200, РЭМ-100У с рентгеновским микроанализатором и спектрофотометром «Срeсcоrд 75-1R». Применяя спектральный анализ поверхностей зерен песков, очищенных от аутогенных пленок ультразвуком, обнаружили около двадцати элементов. Установили, что **алюминий, магний, железо, марганец и титан относятся** к числу эндогенных, постоянно присутствующих в кварце примесей. Элементы бор, бериллий, кальций и натрий не являются постоянными примесями, их наличие зависит от условий формирования месторождения. Так, минимальное количество **железа, марганца и титана обнаружено в зернах песков Адживелинского месторождения** и наибольшее – в кварце из Гокмалинского.

Микроанализ аутогенных пленок Сулутепинских песков показал наличие в них (%): Fe (общ) до 1,0; K – 1,5-2; Al – 6-8; **Si – 40-42, кислород, водород и прочие примесные** элементы менее 0,1 %. После ультразвуковой обработки на установке УЗДН-А на поверхности зерен обнаружили (%) : Fe – следы; K – 0,2-0,4; Al – 3-4; Si – 45-47, кислород, водород и прочие примесные элементы – следы. Установили, что поверхность местных кварцевых песков содержит в значительном количестве алюминий (до 10 %) за счет глинистых минералов, а также железо (до 3 %), которое уменьшает огнеупорность зерен при заливке форм. Анализ ИК-спектров песков показал, что на поверхности кварца доминирующими являются пять типов группировок: первая – изолированные группы – ОН ($\nu_{\text{ОН}} = 3750 \text{ см}^{-1}$), которые составляют примерно 20-25 % гидроксильных групп; вторая – парные группы (–ОН), принадлежащие либо одному и тому же, либо соседним атомам Si (примерно 25-30 %); третья – группы (–ОН), состоящие из трех и более соседних гидроксильных групп ($\nu_{\text{ОН}} = 3660 \text{ см}^{-1}$) примерно 40-45 %; четвертая – прочно связанные молекулы воды ($\nu_{\text{ОН}} = 3550 \text{ см}^{-1}$ и $\nu_{\text{В}} = 1620-1630 \text{ см}^{-1}$); пятая – слабо связанные водородной связью молекулы воды ($\nu_{\text{К}} = 3400-3450 \text{ см}^{-1}$).

Термогравиметрические исследования на дериватографе системы Паулик-Эрден показали, что в первую очередь удаляются группы молекул воды пятого типа, температура дегидратации $T_{\text{д}} = 350-400 \text{ К}$, затем – четвертого $T_{\text{д}} = 500-600 \text{ К}$. При температуре $T_{\text{д}} > 500 \text{ К}$ на поверхности остаются в основном гидроксильные группы

Проблемы технологии формы

(–ОН). Наиболее термостойчивыми являются одиночные группы (–ОН) первого типа, концентрация которых не меняется до $T_d > 700$ К.

Установили, что важнейшим критерием оценки качества наполнителя является количество пленочных образований на зернах песка. Предложили методику повышения качества поверхности кварцевых песков путем обработки фтористым аммонием в комплексе с соляной кислотой. В результате обработки в водном растворе улучшаются основные технологические свойства, происходит обогащение по химическому составу и обеспечивается эффективность взаимодействия зерен и связующего (табл. 1).

По результатам проведенных исследований предложили способ модифицирования местных кварцевых песков с использованием водных растворов поливинилового спирта и акриламида. Модифицирование песков улучшает технологические свойства и позволяет экономить расход связующего за счет освобождения активных адгезионных центров зерен (табл. 2).

Исследовали качество регенерата отработанных ПГС, полученного механическим и термическим методами. Установили, что после регенерации содержание глинистой составляющей снижается с 11,8 до 2,8 %, углеродосодержащих компонентов – с 1,33 до 0,7 %, а оксидов железа – с 3,5 до 0,8 % [5].

Таблица 1. Технологические свойства и химический состав песков после обработки

Место-рождение	Химический состав, %		Газо-проницаемость, К, ед.	Технологические свойства						
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃		глина, %	S, см ² /г	σ, кПа	W, %	огнеупорность, °С	время обработки, мин	потеря массы, %
Сулутепе	94,40	0,36	240	2,0	145	60-70	4,5	1560	8-10	8,80
Гокмали	92,80	0,56	250	1,8	155	58-63	5,2	1580	7-8	8,20
Гаджигели	94,30	0,34	255	2,2	150	62-70	4,8	1570	8-10	8,60
Зейид	92,20	0,22	275	1,9	140	66-74	5,0	1600	6-8	6,80

Таблица 2. Технологические свойства местных песков после модифицирования

Место-рождение	Химический состав, %		Газо-проницаемость, К, ед.	Технологические свойства						
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃		глина, %	S, см ² /г	σ, кПа	W, %	огнеупорность, °С	пористость, %	σ, кПа
Сулутепе	96,35	0,30	260	2,0	155	72-74	4,8	1570	40	246
Гокмали	94,80	0,40	260	1,8	162	60-66	4,6	1580	42	250
Гаджигели	96,40	0,30	270	2,2	160	68-72	5,2	1580	45	248
Зейид	94,50	0,20	280	1,9	150	70-80	5,5	1590	48	260

На основе предварительных технологических испытаний установили возможность применения местных бентонитов в литейном производстве в качестве связующих формовочных смесей [6]. Предложили способ определения содержания монтмориллонита в бентонитовых глинах, который осуществляется следующим образом: определяется верхний W_L (влажность на границе текучести) и нижний пределы пластичности W_p (влажность на границе осыпаемости) пробы бентонита. Разностью значений верхнего и нижнего пределов пластичности рассчитывается число пластичности J_p глины, то есть

$$J_p = W_L - W_p. \quad (1)$$

Содержание монтмориллонита в глине вычисляется по эмпирической формуле, найденной на основе многочисленных экспериментальных данных

$$M = 40 + K J_p, \quad (2)$$

где M – содержание монтмориллонита в бентонитовой глине, %; K – константа корреляции, равная 0,933. Итоговая формула (2) может быть представлена следующим образом:

$$M = 40 + 0,933 J_p. \quad (3)$$

Результаты определения содержания монтмориллонита в бентонитах рентгеновской дифрактометрией и предложенным способом очень близки, разница составляет в среднем $\pm 1,0-1,1$ % и находится в пределах допустимых погрешностей экспериментов.

Установили возможность улучшения технологических свойств бентонитов за счет механохимической активации в процессе измельчения. Содержание вводимых при этом добавок не превышает 1 %, время обработки – 2-3 мин. Значительно сокращается цикл изготовления порошков, обеспечиваются высокое качество и стабильность физико-механических свойств формовочных смесей. Схемы технологических процессов для производства порошков приведены на рисунке.

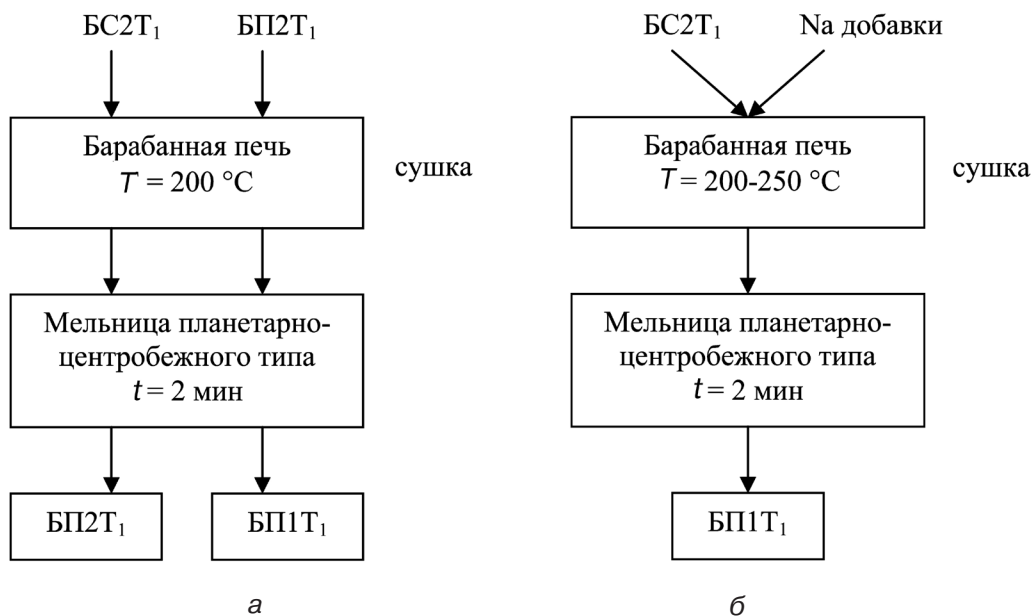
Определили, что бентонит, модифицированный 3,5 % $Na_4P_2O_7$, по коллоидальности в 1,5-2,0 раза превосходит природный. Установили, что продолжительность процесса возрастает с увеличением количества монтмориллонита в составе глин. С применением дефлокулянтов фосфата и силиката натрия (Na_3PO_4 и Na_2SiO_2) получили жидкоподвижные бентонитовые суспензии, позволяющие снизить расход порошков и запыленность литейного цеха [7].

Для обеспечения высокой гомогенности бентонитовой суспензии разработали новую конструкцию смесителя. В предложенной конструкции рабочие органы выполнены из разрезанных на полукольца утилизированных автопокрышек, по краям которых образуются два сквозные отверстия. Их выпуклость обращена в направлении вращения системы с рабочими органами. Ориентация рабочих органов обеспечивает высокую гомогенность суспензии, упрощение конструкции и надежность в эксплуатации.

Разработали методику и с привлечением современных средств реализовали фиксирование бентонитов дисперсными частицами диоксида титана (TiO_2) с целью повышения их термостойкости. Достигли высокой термической стабильности, которая позволяет расширить область применения бентонитов.

Предложили стабилизатор спиртовых противопожарных красок на основе местных бентонитов и до 0,5 % поливинильного бутирала. Способом ионного обмена получили Li-бентониты с высоким содержанием монтмориллонита, обуславливающие высокую седиментационную устойчивость противопожарной краски, применяемой в качестве покрытия для разовых и металлических форм.

Таким образом, с применением современных методов и средств установили



Схемы технологических процессов производства бентонитовых порошков с механической (а) и механохимической (б) активацией в процессе измельчения

физико-химические и технологические свойства наиболее перспективных месторождений бентонитов Азербайджана. Разработали и реализовали методы, позволяющие расширить область применения местных бентонитов в литейном производстве.

Для регулирования физико-механических и технологических свойств ПБС на основе местных песков и бентонитов предложили широкий спектр различных добавок, являющихся отходами нефтехимической промышленности. Для улучшения выбиваемости и сокращения потерь предложили поддерживать содержание бентонита и влажность на минимальном уровне для обеспечения заданных физико-механических и технологических свойств смеси [8].

Разработали систему автоматического контроля качества смеси регулированием влажности, формуемости, прочности, газопроницаемости и температуры. Стабилизацию свойств смеси достигли путем усовершенствования системы автоматизированного контроля освежения. В результате существенно уменьшаются колебания состава и свойств смесей при частых изменениях номенклатуры отливок, что способствует улучшению их качества и сокращению брака при минимальных затратах.

Методом математического планирования экспериментов определили оптимальные физико-механические и технологические свойства ПБС, обеспечивающие получение качественных литейных форм в серийном производстве.

Выводы

- Исследованы основные физико-химические и технологические свойства кварцевых песков Азербайджана. Предложена методика обработки песков в водном растворе фтористого аммония в комплексе с соляной кислотой, повышающая эффективность взаимодействия пленочных образований. Модифицирование песков поливинильным спиртом в комплексе с акриламидом обеспечивает улучшение технологических свойств.

- Изучены физико-химические и технологические свойства перспективных месторождений бентонитов Азербайджана. Предложен способ определения содержания монтмориллонита по значениям верхнего и нижнего пределов пластичности образцов глины. Достигнуто улучшение технологических свойств местных бентонитов за счет механохимической обработки непосредственно в процессе измельчения.

Для повышения термостойкости разработана методика фиксирования бентонитов с мелкодисперсными частицами диоксида титана. Разработаны типовые составы формовочных смесей различного функционального назначения с применением местных кварцевых песков и бентонитов, обеспечивающие получение качественных литейных форм в серийном производстве.



Список литературы

1. *Исмаилов Н. Ш.* Особенности применения кварцевых песков и бентонитовых глин Азербайджана в литейном производстве // *Металл и литье Украины.* – 2008. – № 10. – С. 16-18.
2. *Исмаилов Н. Ш.* Беглярский бентонит – эффективный связующий компонент для формовочных смесей при производстве чугуновых отливок // *Процессы литья.* – 2009. – № 1. – С. 52-55.
3. *Исмаилов Н. Ш.* Ресурсосберегающие технологии получения отливок с использованием местных формовочных материалов // *Литье Украины.* – 2009. – № 8. – С. 19-21.
4. *Исмаилов Н. Ш.* Некоторые особенности технологии получения машиностроительных отливок в формах из песков и глин Азербайджана // *Заготовительные производства в машиностроении.* – 2009. – № 11. – С. 3-6.
5. *Исмаилов Н. Ш.* Оптимальные физико-механические свойства формовочной смеси на основе полного факторного эксперимента // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2010. – № 3. – С. 42-45.
6. *Исмаилов Н. Ш.* Особенности образования и устранения пригара на отливках при использовании местных формовочных материалов // *Вестник машиностроения.* – 2010. – № 2. – С. 51-54.
7. *Исмаилов Н. Ш.* Стабилизация составов и свойств единых смесей в серийном производстве чугуновых отливок // *Там же.* – 2010. – № 6. – С. 76-78.
8. *Исмаилов Н. Ш.* Регулирование физико-механических и технологических свойств формовочных смесей // *Изв. вузов. Машиностроение.* – 2011. – № 1. – С. 70-75.

Поступила 04.11.2011

УДК 621.74.04:621.746.3

Т. Л. Тринева

ЧАО «Конструкторско-технологическое бюро верификационного моделирования и подготовки производства», Харьков

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ОСНАСТКИ ИЗ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ

Рассмотрена научно-техническая проблема литейного производства – получение точных и качественных отливок путем повышения качества изготовления литейной оснастки за счет ее выпуска с помощью высоких технологий, внедряемых в Украине с 2000 г. в литейное производство, а именно технологий RP (быстрого прототипирования – метод SLS – селективного