

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ЗЕРНИСТОСТИ ПЕСКА НА ОСНОВЕ КВАРЦА НА СВОЙСТВА ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ ФОР- МОВОЧНОЙ СМЕСИ

Фесенко А. Н., Фесенко М. А., Федоров Н. Н.

Определена марка исследуемого песчано-глинистого сырья на основе кварца – $1T_1O_3O16$ (ГОСТ 2138-91). Показано, что наиболее важными физико-механическими свойствами песков на основе кварца, а также песчано-глинистых смесей на их основе являются: газопроницаемость и прочность на сжатие во влажном состоянии. Количественно показатели этих свойств во многом определяются влажностью смеси, зернистостью наполнителя и содержанием глинистого связующего в смеси. Для каждого конкретного состава смеси существует оптимальная величина ее влажности, при которой достигается наилучшее сочетание ее основных физико-механических и технологических свойств. Оптимальная влажность зависит от типа формовочного песка, содержания глинистых веществ и их качества, наличия различных примесей и добавок и, в большинстве случаев, определяется экспериментальным путем. Экспериментальным путем установлены общие закономерности влияния влажности на газопроницаемость песчано-глинистой формовочной смеси при разной зернистости ее наполнителя – песка на основе кварца, а также изучено влияние зернистости песка и содержания глинистой формовочной глины на прочность по-сырому и газопроницаемость песчано-глинистой формовочной смеси. Показано, что песчано-глинистое сырье марки СПГ-02 производства горнодобывающей компании «Минерал» может эффективно использоваться в качестве огнеупорного наполнителя сырых песчано-глинистых смесей при условии обеспечения в них оптимальной влажности и содержания формовочной глины.

Визначена марка досліджуваної піщано-глинистої сировини на основі кварцу – $1T_1O_3O16$ (ГОСТ 2138-91). Показано, що найбільш важливими фізико-механічними властивостями пісків на основі кварцу, а також піщано-глинистих сумішей на їх основі є: газопроникність і міцність на стиск у вологому стані. Кількісно показники цих властивостей багато в чому визначаються вологістю суміші, зернистістю наповнювача та вмістом глинистого зв'язувального матеріалу в суміші. Для кожного конкретного складу суміші існує оптимальна величина її вологості, при якій досягається оптимальне поєднання її основних фізико-механічних і технологічних властивостей. Оптимальна вологість залежить від типу формувального піску, вмісту глинистих речовин і їх якості, наявності різних домішок і добавок і, в більшості випадків, визначається експериментальним шляхом. Експериментальним шляхом встановлено загальні закономірності впливу вологості на газопроникність піщано-глинистої формувальної суміші при різній зернистості її наповнювача – піску на основі кварцу, а також вивчено вплив зернистості піску і вмісту формувальної глини на міцність по-сырому і газопроникність піщано-глинистої формувальної суміші. Показано, що піщано-глиниста сировина марки СПГ-02 виробництва гірничодобувної компанії «Мінерал» може ефективно використовуватися в якості вогнетривкого наповнювача сирих піщано-глинистих сумішей за умови забезпечення в них оптимальної вологості і вмісту формувальної глини.

The grade of the investigated sand-clay quartz-based raw material $1T_1O_3O16$ (GOST 2138-91) is determined. It is shown that the most important physical and mechanical properties of quartz-based sand, as well as of sand and clay mixtures on their basis are gas permeability and compressive strength in wet state. Quantitatively, the indices of these properties are largely determined by moisture content of the mixture, graininess of the filler and the content of clay binder in the mixture. For each specific composition of the mixture there is an optimum value of moisture, at which the best combination of its basic physical, mechanical and technological properties is achieved. The optimum humidity depends on the type of molding sand, the content of clay substances and their quality, the presence of various impurities and additives, and, in most cases, it is determined experimentally. General regularities of the effect of moisture on gas permeability of sand-clay molding mixture at various grain size of its filler (quartz-based sand) were established experimentally, as well as the influence of sand granularity and the content of molding clay on the raw strength and gas permeability of sand-clay molding mixture was studied. It is shown that sand-clay raw material of the grade SPG-02 produced by the "Mineral" mining company can be effectively used as a refractory filler for raw sand-clay mixtures, provided that they have optimum moisture and mold clay content.

Фесенко А. Н.

первый проректор, канд. техн. наук,
проф. каф. ТОЛП ДГМА

Фесенко М. А.

канд. техн. наук,

доц. каф. ЛПЧиЦМ НТУУ КПИ

Федоров Н. Н.

канд. техн. наук, доц. каф. ТОЛП ДГМА

nikolay.fedorov@yandex.ua

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

НТТУ КПИ – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» им. Игоря Сикорского, г. Киев.

УДК 621.742

Фесенко А. Н., Фесенко М. А., Федоров Н. Н.**ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ЗЕРНИСТОСТИ ПЕСКА
НА ОСНОВЕ КВАРЦА НА СВОЙСТВА ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ
ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ**

Песок на основе кварца – это зернистый материал с размером частиц от 0,05 до 3 мм, который добывают открытым способом в карьерах, а также намывным земснарядом в поймах рек и озер исключительно в местах природных месторождений. Обычно пески на основе кварца содержат в своем составе различные примеси: оксиды железа, глинистые минералы, полевые шпаты, карбонаты и другие. Примеси придают песку окраску от светло желтого до красно-бурого цвета. Чистые кварцевые пески молочно-белого цвета содержат до 99 % кремнезема.

Основное применение в литейном производстве пески на основе кварца находят в качестве формовочного огнеупорного наполнителя в формовочных и стержневых смесях при изготовлении литейных форм и стержней. Как известно [1], к огнеупорным наполнителям формовочных и стержневых смесей предъявляют следующие требования: высокая огнеупорность, химическая инертность к жидкому металлу, стабильность свойств при нагреве, негызотворность, возможность повторного использования, недефицитность, низкая себестоимость, нетоксичность. По химическому составу наполнитель должен иметь максимальное содержание основного компонента и минимальное количество вредных примесей.

На территории Украины сосредоточены достаточно большие запасы песков на основе кварца. Большая часть украинских месторождений песков уже получила промышленное освоение: Ореховское, Пологовское, Староверовское, Гусаровское, Вольногорское, Днепропровское, Бантышевское и др. месторождения (табл. 1), а другие месторождения находятся только в стадии разработки.

Таблица 1

Месторождения формовочных песков на территории Украины

Месторождение	Предприятие-разработчик	Область Украины
Ореховское	ЧАО «Ореховский песчаный карьер»	Запорожская
Пологовское	ГК «Минерал»	
Староверовское	ООО производственно-коммерческая фирма «Старк»	Харьковская
Гусаровское	ПАО «Гусаровский горно-обогажительный комбинат формовочных материалов»	
Вольногорское	ГП «Объединенная горно-химическая компания», филиал «Вольногорский горно-металлургический комбинат»	Днепропетровская
Днепропровское	ПАО «Кременчугский речной порт»	Полтавская
Бантышевское	ПАО «Дружковское рудоуправление»	Донецкая

В настоящее время накоплено ограниченное количество систематизированных результатов исследований свойств формовочных песков на основе кварца, результаты которых позволяют литейным предприятиям осуществлять подбор оптимальных рецептурных составов песчано-глинистых формовочных смесей с целью обеспечения требуемого качества вы-

пускаемой литейной продукции при сравнительно небольших затратах на формовочные расходные материалы.

В данной работе для исследований с целью выявления соответствия требованиям песчано-глинистых формовочных смесей был взят образец песчано-глинистого сырья марки СПГ-02 [2] производства горнодобывающей компании «Минерал» (Запорожская обл., г. Пологи).

Цели работы:

1. Определить марку исследуемого песка на основе кварца по ГОСТ 2138-91;
2. Изучить влияние зернистости песка, влажности и содержания формовочной глины на прочность по-сырому и газопроницаемость песчано-глинистой формовочной смеси.

Для определения марки были отобраны пробы исследуемого песка и проведена серия соответствующих исследований. Глинистая составляющая определялась методом отмучивания навески высушенного образца исходного песка, согласно методике по ГОСТ 29234.1-91. После отделения глинистой составляющей высушенный остаток исследуемого песка был подвергнут гранулометрическому анализу путем просева на 11-ти стандартных ситах с размерами ячеек от 2,5 до 0,05 мм на приборе для определения гранулометрического состава мод. 01413 по ГОСТ 29234.3-91.

На основании полученных результатов с использованием компьютерной программы «Зерно» [3] построены гистограмма зернистости (рис. 1) и интегральная кривая распределения частиц исследуемого песка по размерам (рис. 2), а также определены его марочные характеристики:

- массовая доля глинистой составляющей – 2,8 %;
- массовая доля SiO_2 – 97,0 %;
- средний размер зерна – 0,173 мм;
- коэффициент однородности – 65,2 %.

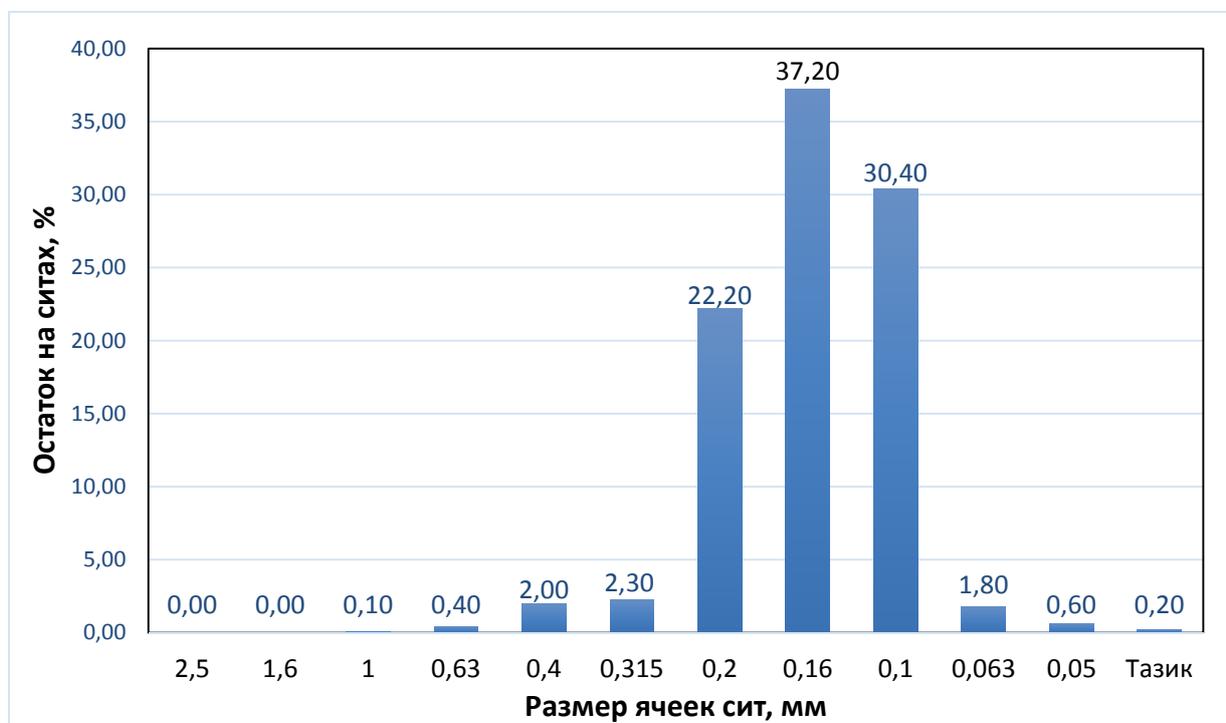


Рис. 1. Гистограмма зернистости исследуемого песка

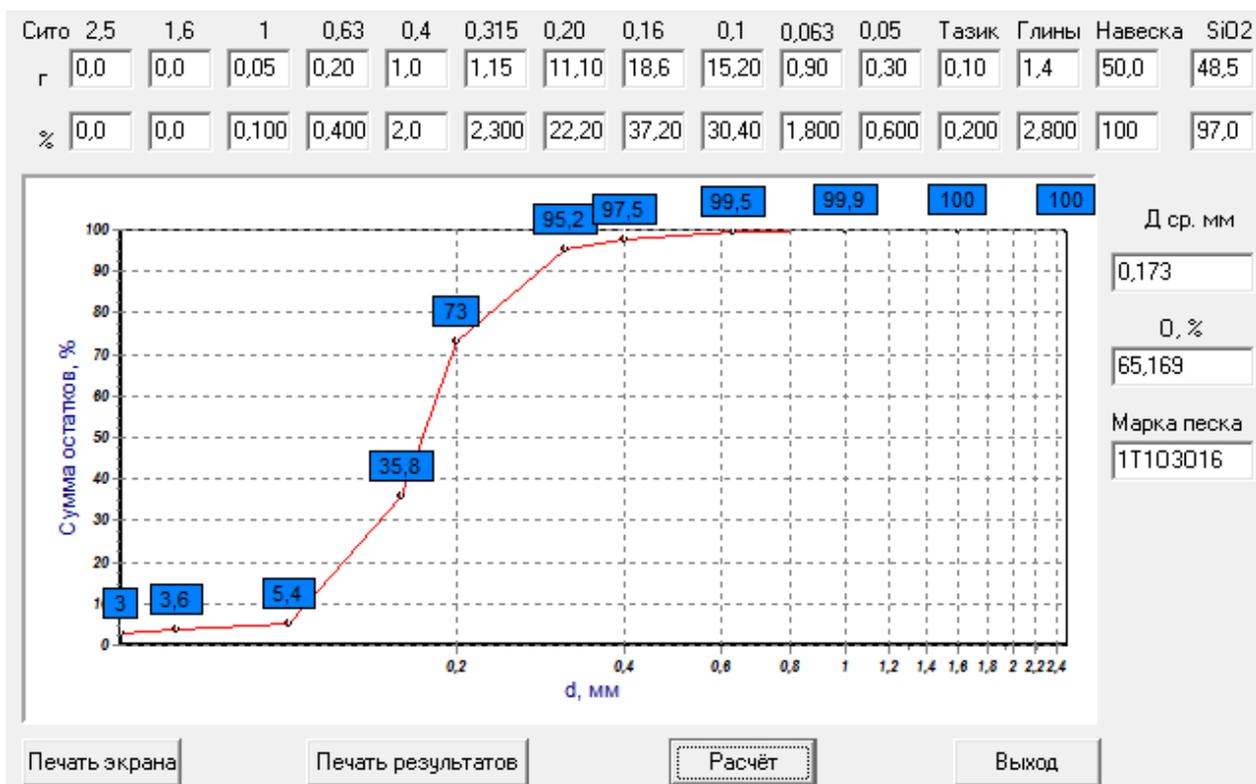


Рис. 2. Результаты расчетов гранулометрического состава исследуемого песка, выполненные в программе «Зерно»

На основании полученных данных установлено, что исследуемый песок на основе кварца, согласно ГОСТ 2138-91, относится к тощим пескам марки 1Т₁О₃016.

Наиболее важными физико-механическими свойствами песков на основе кварца, а также песчано-глинистых смесей для формовки по-сырому, в которых они используются в качестве основного огнеупорного наполнителя, являются газопроницаемость и прочность на сжатие во влажном состоянии. Количественно показатели этих свойств во многом зависят от влажности смеси, зернистости наполнителя и содержания глинистого связующего в смеси.

Для определения влияния влажности на газопроницаемость и прочность на сжатие во влажном состоянии песчано-глинистых формовочных смесей при разной зернистости исследуемого песка на основе кварца приготавливались формовочные смеси из исходного неотмытого песка, а также зерен песка трех отдельных фракций (0,1; 0,16; 0,2) с постоянным содержанием формовочной глины – 5,0 мас. % при варьировании влажности в смесях от 1,0 до 8,0 % путем добавления воды.

Для определения влияния зернистости наполнителя и содержания формовочной глины на физико-механические свойства формовочной смеси на основе кварцевого песка были проведены исследования на смесях, приготовленных из исходного неотмытого песка, песка после отмучивания, а также зерен песка трех отдельных фракций (0,1; 0,16; 0,2) при добавлении различного количества формовочной глины (1,0, 2,0, 4,0 и 6,0 мас. %) и постоянной влажности смеси – 3,0 %.

Влажность исследуемых формовочных смесей определялась ускоренным методом на приборе модели 062М путем высушивания до постоянства массы навески исследуемой смеси массой 10 г.

Газопроницаемость испытуемых смесей определялась по стандартной методике в соответствии с ГОСТ 29234.11-91 на стандартных цилиндрических образцах диаметром 50 мм и высотой $50 \pm 0,8$ мм на приборе для определения газопроницаемости колокольного типа модели 04316. Предел прочности при сжатии во влажном состоянии оценивался при испыта-

ниях стандартных цилиндрических образцов на приборе модели 04116А в соответствии с ГОСТ 29234.4-91.

Как показал анализ полученных экспериментальных данных газопроницаемость песчано-глинистых формовочных смесей с исследуемым песком, а также смесей, приготовленных на основе отдельных выделенных его фракций, зависит от уровня влажности (рис. 3), что согласуется с многочисленными исследованиями других авторов и практическими данными для песчано-глинистых смесей на песках других месторождений [4, 5]. При этом при фиксированном содержании формовочной глины в 5,0 % мас. увеличение влажности до 2,0 % мас. приводит к повышению газопроницаемости смесей вне зависимости от зернистости наполнителя. Связано это, по нашему мнению, с образованием тонкой однородной пленки глинистой суспензии на поверхности зерен кварца, что способствует с одной стороны увеличению диаметра зерна и как следствие размера пор, а с другой стороны к сглаживанию неровностей на поверхности зерен, что снижает коэффициент сопротивления прохождению воздуха и газов при движении через поры смеси. Дальнейшее увеличение содержания воды в смеси до 3,0 мас. % и более приводит к снижению газопроницаемости, что можно объяснить вытеснением части воды и разжиженной глинистой суспензии в поры, что приводит к уменьшению их живого сечения и как результат к снижению пропускной способности при фильтрации воздуха и газов, а, следовательно, к падению газопроницаемости смеси.

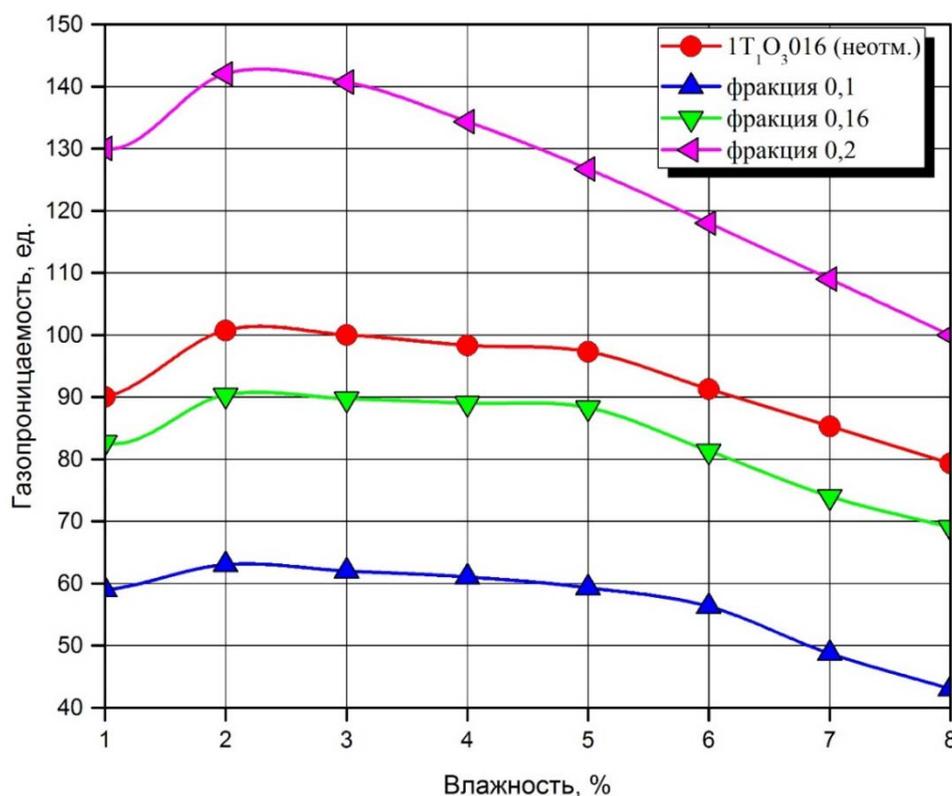


Рис. 3. Влияние влажности на газопроницаемость песчано-глинистой формовочной смеси при разной зернистости песка на основе кварца

Газопроницаемость формовочных смесей возрастает с увеличением размера зерен песка. Так максимальной газопроницаемостью обладает формовочная смесь, приготовленная на основе более крупной фракции песка 0,2. Чем мельче зерно, тем меньше размер пор и тем более извилистый и длинный путь проходят газы. Кроме того, в узких каналах, которые представляют поры между мелкими зёрнами песка, трение газа будет больше.

Вполне естественно, что исходный неотмученный песок демонстрирует более низкие значения газопроницаемости по сравнению с песками, в которых глинистая составляющая

была предварительно удалена методом отмучивания. Это объясняется тем, что дополнительная мелкодисперсная глинистая составляющая, которая содержится в исследуемом исходном песке в количестве 2,8 % дополнительно сокращает сечение пор между зёрнами смеси, что обуславливает добавочное снижение газопроницаемости.

Чем меньше однородность зёрен, тем выше уплотняемость и, следовательно, ниже газопроницаемость смесей. Неоднородные зёрна песка при одной и той же степени уплотнения размещаются плотнее друг к другу, так как мелкие зёрна занимают промежутки между крупными зёрнами песка, в связи с чем размер пор в формовочной смеси становится меньше. По этой причине исходный песок, состоящий из разных фракций, с коэффициентом однородности 65,2 % имеет меньшую газопроницаемость, чем пески, представленные отдельными фракциями 0,1 и 0,16 (исключение составляет песок на основе отдельной более крупной фракции 0,2, для которого характерно наибольшее значение газопроницаемости по причине наибольшего сечения пор между его крупными и однородными зёрнами).

Таким образом, установлена общая закономерность – с повышением влажности песка на основе кварца газопроницаемость формовочных песчано-глинистых смесей возрастает, достигает максимума, а затем плавно уменьшается. Интервал оптимальной влажности при котором газопроницаемость формовочных смесей не испытывает резкого снижения составляет 3...5 %.

Как известно, прочность песчано-глинистой смеси во влажном состоянии зависит от зернового состава песка, влажности, содержания глинистого связующего и его связующей способности, а также плотности (степени уплотнения) смеси. Из данных рис. 4 видно, что для всех вариантов исследуемых наполнителей при заданной постоянной влажности (5,0 %) отмечается общая зависимость: с повышением содержания формовочной глины прочность на сжатие во влажном состоянии песчано-глинистой формовочной смеси увеличивается. Для смеси с исходным неотмученным песком наблюдается наибольший прирост прочности при повышении содержания формовочной глины. Это объясняется добавочным участием глинистой составляющей, содержащейся в исходном песке в количестве 2,8 %, в формировании прочности смеси.

Прочность песчано-глинистой смеси во влажном состоянии зависит во многом от фракционного состава песка: чем меньше размер фракции наполнителя, тем меньшее значение прочности демонстрирует формовочная смесь. Как видно из рис. 4 смеси, приготовленные из разных отдельных фракций наполнителя, в порядке увеличения динамики нарастания прочности располагаются в следующем порядке: фракция 0,1 (наименьшее значение прочности); фракция 0,16 (среднее значение прочности); фракция 0,2 (наибольшее значение прочности). Такая закономерность влияния зернового состава на прочность песчано-глинистой смеси объясняется различием в удельной поверхности зёрен наполнителей разных фракций и соответствующим распределением воды между поверхностью этих зёрен и оболочками глинистого связующего, окружающими зёрна наполнителя. Чем меньше зёрна песка, тем большее количество воды потребуется на смачивание их более развитой поверхности и тем меньше воды пойдет на набухание глинистого связующего и, соответственно, на формирование прочностных связей между глиной и зёрнами наполнителя. Кроме этого в смеси с мелкозернистым наполнителем будут формироваться более тонкие глинистые оболочки, что также обуславливает некоторое снижение прочности смеси.

Для смеси на основе отмученного песка при минимальном содержании формовочной глины наблюдается наименьшее значение прочности, однако при дальнейшем повышении содержания формовочной глины динамика нарастания прочности у данной смеси становится преобладающей.

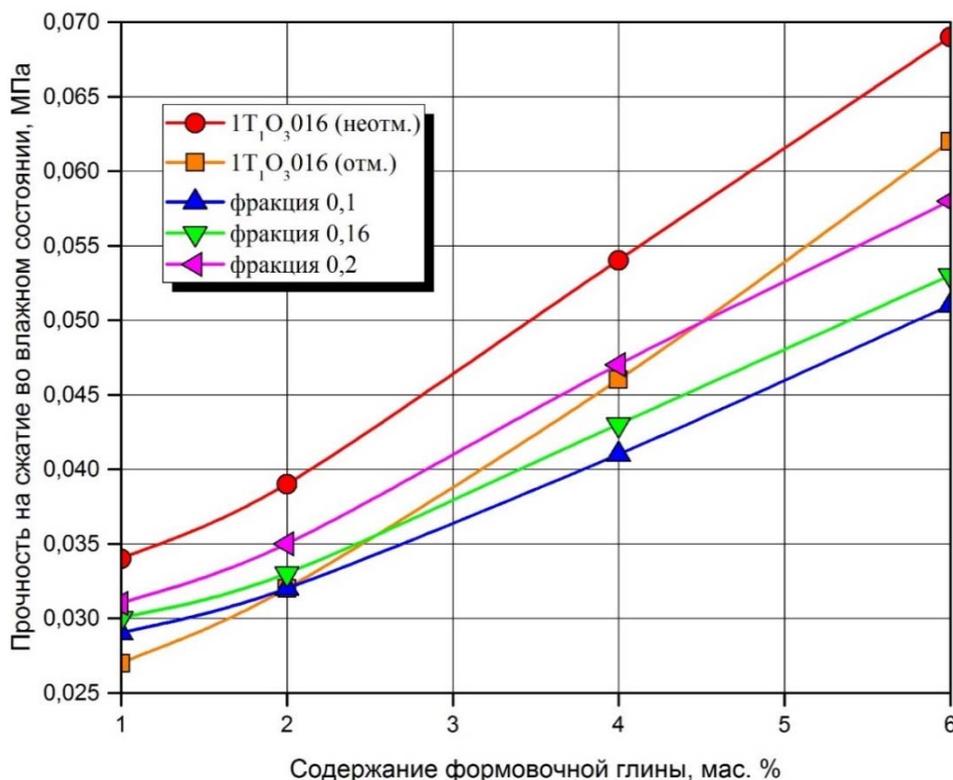


Рис. 4. Влияние содержания формовочной глины на прочность на сжатие во влажном состоянии песчано-глинистой формовочной смеси при разной зернистости песка на основе кварца

Таким образом, можно сделать вывод, что с повышением содержания глинистого связующего песчано-глинистые смеси демонстрируют существенное увеличение прочности на сжатие во влажном состоянии. При содержании формовочной глины в смеси около 6 мас. % уровень прочности достигает удовлетворительных для процессов формообразования значений 0,050...0,070 МПа. При уменьшении зернистости применяемого формовочного песка при одинаковом содержании в смесях формовочной глины и влажности их прочность снижается. Поэтому, в перспективе, наиболее оптимальным техническим решением будет использование не слишком мелкозернистых и более разнородных по фракционному составу песков на основе кварца, что обеспечит меньший расход глинистого связующего и, соответственно, потребует меньшей влажности смеси, при обеспечении требуемого уровня ее уплотняемости, прочности и газопроницаемости.

С повышением содержания формовочной глины в смеси при постоянной ее влажности газопроницаемость смеси, как правило, снижается (рис. 5). При небольшом количестве глины (1...2 мас. %) может иметь место незначительное увеличение газопроницаемости, что также объясняется образованием тонкой однородной пленки глинистой суспензии на поверхности зерен кварца, что обуславливает увеличение диаметра зерен в смеси и, следовательно, размера пор, а также приводит к сглаживанию неровностей на поверхности зерен. При дальнейшем повышении содержания глины в смеси более 2 мас. % все меньшее количество воды остается в свободном виде в роли смазки зерен наполнителя (т.е. увеличивается степень трения газов между песчинками), все в большей степени происходит набухание и усвоение глинистого связующего (уменьшается сечение пор в объеме уплотненной смеси), что неминуемо приводит к снижению газопроницаемости смеси. Однако, в интервале содержания глины в смеси от 2 до 6 мас. % общее снижение газопроницаемости смеси является не критичным, поскольку составляет в среднем всего 6...10 %. Гораздо большее значение для смеси имеет существенное повышение ее прочности (фактически в 2 раза) при повышении содержания формовочной глины от 2 до 6 мас. %.

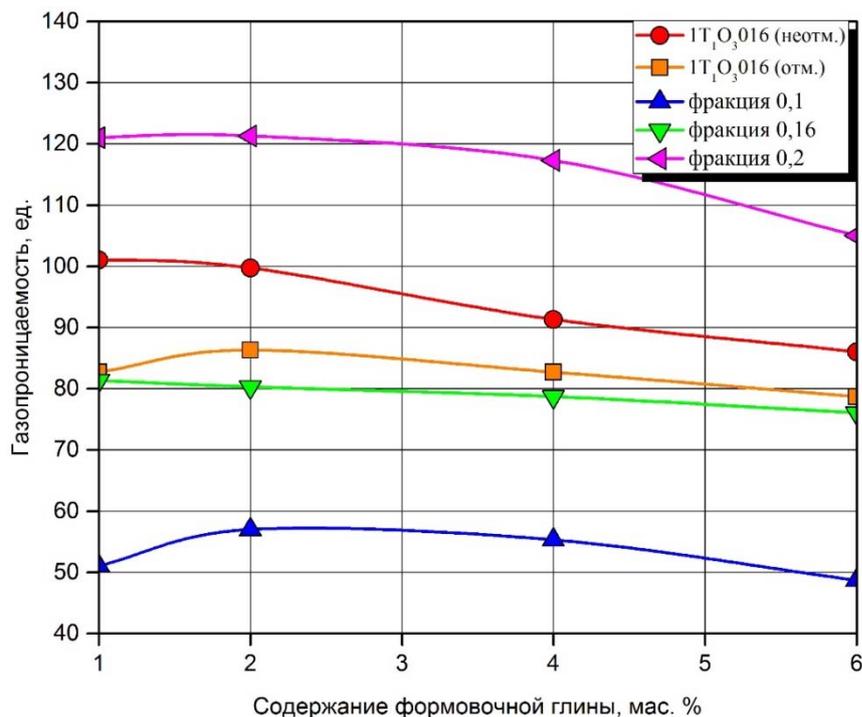


Рис. 5. Влияние содержания формовочной глины на газопроницаемость песчано-глинистой формовочной смеси при разной зернистости песка на основе кварца

С увеличением размеров зерен песка и их однородности (особенно при использовании наполнителя отдельных крупных фракций, например, 0,2, как показано на рис. 5) отмечается существенное повышение газопроницаемости, что объясняется описанными выше причинами. При этом сохраняется общая тенденция снижения газопроницаемости на фоне увеличения содержания формовочной глины в смесях, приготовленных на основе отдельно выделенных песчаных фракций.

ВЫВОДЫ

1. Определена марка по ГОСТ 2138-91 исследуемого песчано-глинистого сырья на основе кварца – 1Т₁О₃016.
2. Экспериментальным путем установлены общие закономерности влияния влажности на газопроницаемость песчано-глинистой формовочной смеси при разной зернистости ее наполнителя – песка на основе кварца, а также изучено влияние зернистости песка и содержания формовочной глины на прочность по-сырому и газопроницаемость песчано-глинистой формовочной смеси.
3. Показано, что песчано-глинистое сырье марки СПГ-02 производства горнодобывающей компании «Минерал» может эффективно использоваться в качестве огнеупорного наполнителя сырых песчано-глинистых смесей при условии обеспечения в них оптимальной влажности и содержания формовочной глины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорошенко С.П., Авдокушин В.П., Русин К. и др. *Формовочные материалы и смеси*. – К.: Выща шк., 1990; Прага: СНТЛ, 1990. – 415 с.
2. Горнодобывающая компания «Минерал» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mineral.com.ua/produktsiya/sirovina-pishhano-glinista>
3. Фесенко А. Н. Алгоритм автоматизированного определения марки песка / А. Н. Фесенко, О. В. Приходько // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – Днепропетровск, 2004. – № 5. – С. 25–27.
4. Илларионов И.Е., Васин Ю.П. *Формовочные материалы и смеси: Монография*. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. Ун-та, 1992. Ч. 1. - 223 С.
5. Кузьмин Н.Н., Кирюхина Н.С., Болдин А.Н. и др. *Формовочные песчано-глинистые смеси: Монография*. - Брянск: БГТУ, 2002. - 183 С.