

ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ПЕСЧАНЫХ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Е.Г. Антошкина, В.А. Смолко

PROCESSES OF STRENGTH FORMATION OF MOLDING AND CORE SAND MIXTURES

E.G. Antoshkina, V.A. Smolko

Рассмотрена зависимость прочности песчаных формовочных и стержневых смесей от влажности смесей. Установлено, что для синтетических песчано-глинистых смесей важным фактором формирования прочности является соотношение между электростатическими и молекулярными силами, которые проявляют максимальную эффективность в разных диапазонах влажности.

Ключевые слова: прочность, песчаные формовочные и стержневые смеси, влажность смеси.

The papers considers the dependence of sand molding and core mixtures' strength on mixture humidity. It is established that the main factor in the formation of strength of synthetic sand-clay mixtures is the ratio between electrostatic and molecular forces, which exhibit maximum efficiency in different ranges of humidity.

Keywords: strength, sand molding and core mixtures, humidity of mixture.

В настоящее время до 75 % отливок получают в песчано-глинистых формах, примерно половина из которых не подвергается сушке. Все формы должны обладать той или иной конструктивной прочностью. На прочность песчано-глинистых форм в сыром состоянии влияют следующие основные факторы: качество и количество связующего (бентонита, огнеупорной глины), генезис, состав и состояние поверхности наполнителя (кварцевого песка): химическая природа и количество технологических добавок; содержание влаги и степень уплотнения смеси.

Прочность смесей является интегральной характеристикой сложного физико-химического взаимодействия различных компонентов смеси между собой. Прочность синтетических песчано-глинистых смесей определяется силами Ван-дер-Ваальса, которые складываются из сил притяжения (ориентационных, индукционных и дисперсионных) и составляет 75–80 % от общей прочности; капиллярными силами, а также водородными связями и донорно-акцепторным взаимодействием. Водородные связи возникают непосредственно между гидроксильными группами наполнителя (кварцевого песка), а также между ними и слоями атомов базальных поверхностей глинистых частиц связующего.

В формировании прочностных контактов в песчано-глинистых смесях при формообразовании

важную роль играет блок глинистых минералов, а не отдельная пластинка бентонита. Для отделения одной пластинки от другой требуются затраты большого количества энергии. Энергия химической связи изменяется в пределах 159–400 кДж/моль, водородной связи 8–40 кДж/моль и межмолекулярного взаимодействия 5–15 кДж/моль.

Согласно электронно-микроскопическим исследованиям, толщина пленки бентонита незначительна по сравнению с ее длиной и шириной. Блок состоит из ряда пластинок, расположенных параллельно одна с другой, и их свойства определяют связующую способность пакета в целом. Такое строение бентонита позволяет объяснить процесс образования связи между зернами в песчано-глинистых смесях. Химическая активность блока связана с действием неуравновешенных электрических сил. Воздействие этих сил создает способность блока пластинок удерживать большое количество молекул воды, проникающих в пространство между пластинками; связь между пластинками остается достаточно прочной, если в пространство между ними попадает не более трех слоев молекул воды. В противном случае связь нарушается и может произойти смещение пластинок относительно друг друга. Со всех четырех сторон блока действуют неуравновешенные молекулярные силы, а к верхним и нижним пластинкам приложены электрохимические силы. Таким образом, два типа сил,

молекулярные и электрохимические, воздействующие на блок, обеспечивают связь между блоками и поверхностью зерен песка. Молекулярные силы обеспечивают связь между блоками пластинок, а электрохимические – между блоком и поверхностью зерна.

Прочность связи между блоками и зёрнами песка зависит от влажности смеси. При наличии между пластинками более трех слоев молекул воды происходит ослабление электрохимических сил, что приводит к отслоению блока от поверхности зерна. Это сопровождается переориентацией и соединением соседних пакетов с помощью молекулярных сил, так происходит образование волокнистой цепочки (блоба) бентонита между зёрнами песка в массе смеси. При низкой влажности электрохимические силы прочно удерживают блок пластинок на поверхности зерен песка, а увеличение продолжительности перемешивания смеси усиливает эффективность обволакивания зерна при деформации его блочной структуры, что способствует образованию чешуйчатого типа оболочек на зёрнах песка.

Для синтетических песчано-глинистых смесей важным фактором формирования прочности является соотношение между двумя видами связи: через гидратную воду (мостиковую связь) и через водные оболочки, находящиеся в поле действия электростатических сил (поверхностную связь).

С учетом гетерогенности поверхности зерен кварцевого песка и наличия на них аутогенной пленки возможно схематично представить структуру песчано-глинистой смеси. На рисунке показано формирование связей зерен песка с каолини-

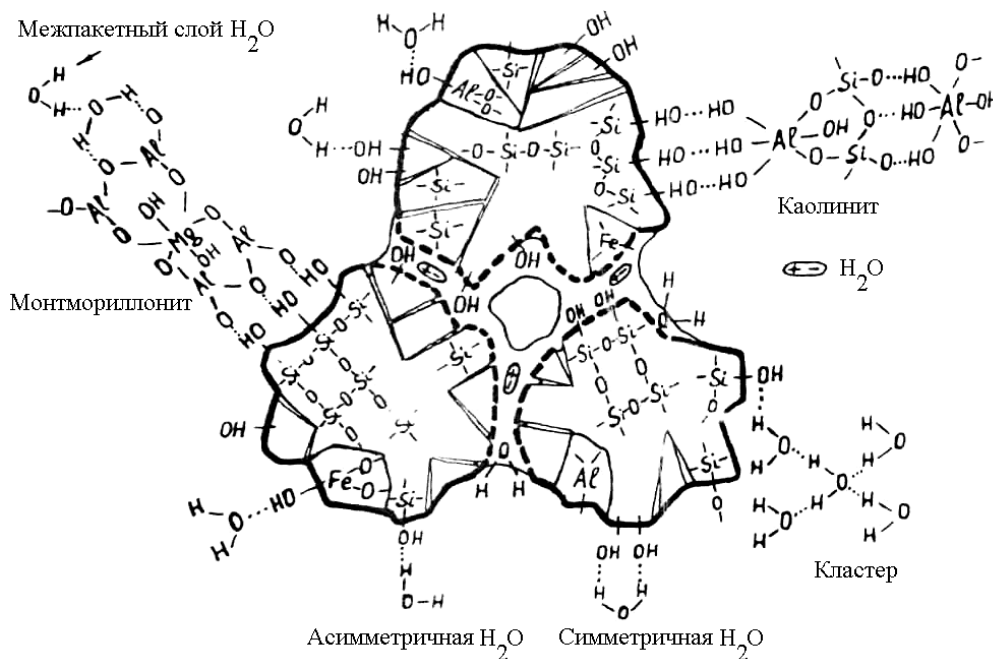
том, монтмориллонитом, образование кластеров, симметричной и асимметричной влаги, участие аутогенной пленки и эндогенных включений зерен кварца.

Вклад электростатических сил в формирование прочности больше, так как они действуют на большей поверхности, в то время как адсорбированные катионы, формирующие мостиковую связь, занимают небольшую часть поверхности глинистых минералов.

Эти два вида связи проявляют максимальную эффективность в разных диапазонах влажности. Так поверхностные связи наиболее сильны при оптимальной влажности (глина : вода = 10 : 4) и падают до нуля при влажности, в 3 раза большей оптимальной. Эффективность мостиковых связей равна нулю при оптимальной влажности и достигает максимума при трехкратном ее повышении [3]. В случае повышенной влажности смесей из-за больших расстояний между зёрнами песка силы Ван-дер-Ваальса незначительны и прочность целиком обуславливается капиллярным давлением. При малых содержаниях воды в смеси величина прочности зависит от вероятности соприкосновения зерен через связующее, что оценивается структурным фактором. А.А. Степанов и Б.Б. Гуляев [2] предлагают аналитическую формулу для расчета прочности на сжатие в сыром состоянии:

$$\sigma_{сж} = \frac{0,93 \cdot 10^{-23}}{l^4} \cdot n \cdot \pi R^2,$$

где σ – прочность на сжатие, кг/см²; l – толщина пленки воды в смеси, см; n – число контактов на площади в 1 см²; R – радиус контакта, см.



Виртуальная структура синтетической песчано-глинистой смеси

Достаточная степень однородности формовочной смеси при перемешивании компонентов обеспечивается в условиях более низкого влагосодержания смесей, то есть на низшем уровне оптимального соотношения системы вода : бентонит для каждой разновидности бентонитовой глины. При формовке по-сырому для смесей, уплотняемых прессованием, рекомендуется влажность в пределах 3–4 %. Для смесей, уплотняемых встряхиванием или применяемых при ручной формовке, влажность обычно составляет 4–6 % [1].

Литература

1. Дорошенко С.П. *Формовочные материалы и смеси* / С.П. Дорошенко, В.П. Авдокушин. – Киев: Вища школа, 1990. – 415 с.
2. Гуляев Б.Б. *Формовочные процессы* / Б.Б. Гуляев, О.А. Корнюшкин, А.В. Кузин. – Л.: Машиностроение, 1987. – 264 с.
3. Жуковский С.С. *Прочность литейной формы* / С.С. Жуковский. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.

Поступила в редакцию 1 февраля 2012 г.