

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ АДГЕЗИВНОЙ ОБОЛОЧКИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕРЕН ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ

А.С. Григор, В.А. Марков, А.А. Шнейдер

В статье описаны процессы дезагрегации и механоактивации оборотной смеси в процессе сухого перемешивания в барабанном и катковом смесителях. Установлено изменение зернового состава и активности оборотной смеси.

Ключевые слова: дезагрегация, механоактивация, формовочная смесь.

В процессе обработки единой песчано-глинистой смеси (ЕПГС) в производственном цикле происходит структурирование ее зернового состава, причем количественный рост размера зерна определяется не только основными технологическими параметрами процесса соотношение смесь/металл; температура заливки; степень уплотнения и рецептура смеси; количество и масса стержней в отливках, но и системой смесеприготовления, то есть ее способностью стабилизировать рост зерна или способностью возвращать зерновой состав ЕПГС к размерам зерна песка освежения. Таким образом, зерновой состав оборотной смеси является показателем качества формовочной смеси и, соответственно, качества поверхности отливок. На основе результатов исследования зернового состава смеси можно выделить в ЕПГС несколько типов зерен, полученных в результате ее рециркуляции.

Монозерно – представляет собой зерно кварца, покрытое адгезивной оболочкой.

Блочное зерно – представляет собой несколько мелких частиц кварца в том или ином полиморфном состоянии, частиц шамотизированного глинистого связующего и частиц или пленки продуктов термического разложения углеродосодержащих материалов (УСМ), прочно скрепленных между собой адгезивной оболочкой.

Агрегатированное зерно – имеет два основных источника происхождения: агрегатированное зерно, вносимое оборотной смесью, и агрегатированное зерно – от разрушения стержней.

Конгломераты зерен – вносимые оборотной смесью, представляют собой относительно прочно связанные между собой все типы зерен (монозерно, новое блочное зерно или агрегатированное зерно).

В этой связи можно ввести понятие критерия качества смесеприготовления, как спо-

собность системы обеспечивать дезагрегацию зерновой основы оборотной смеси до уровня песка освежения. Качественным смесеприготовление можно считать в том случае, когда смеситель обеспечивает дезагрегацию (измельчение) зернового состава и не допускает рост основной фракции более 0,63. В процессе приготовления ЕПГС ее зерновая основа подвергается силовому воздействию, в результате чего происходит изменение формы зерен песка. При относительном движении зерен песка их острые углы, и выступы обламываются, зерна подвергаются обкатыванию с частичным изменением своей формы и уменьшением размеров. В общепринятом понимании явления, связанные с изменением активности и состояния поверхности дисперсного материала в процессе переработки механическим способом, определяются общим понятием – механоактивацией. Зерна кварцевого песка в процессе смесеприготовления также подвергаются механоактивации.

Механоактивация адгезивной оболочки и дезагрегация зернового состава ЕПГС возможно только при силовом взаимодействии рабочих органов смесителя с компонентами смеси. Процесс дезагрегации образовавшихся агрегатов можно обеспечить только сдвигом. При деформации элементарных объемов смеси их разрушение будет происходить вдоль пленок глинистого связующего, так как их прочность намного меньше, чем прочность зерен песка. Таким образом, рабочий орган смесителя должен в процессе перемешивания формировать в элементарных объемах смеси сдвиговые деформации, обеспечивающие перемещение частиц глинистого связующего и зерен песка друг относительно друга при одновременной сжимающей деформации между смежными зернами песка.

Традиционные катковые смесители имеют неподвижную чашу и два гладких кат-

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ АДГЕЗИВНОЙ ОБОЛОЧКИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕРЕН ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ

ка, которые перемещаются по слою смешиваемого материала, загруженного в чашу, описывая круги вокруг центрального вертикального вала и в то же время вращаясь вокруг собственной оси. При помощи плужков смешиваемый материал направляется под катки. Взаимодействие рабочих органов с элементарными объемами смеси происходит только в их зоне действия, а основная масса смеси находится в пассивном состоянии, то есть организованный поток смеси перемещается рабочими органами в горизонтальной плоскости, при этом сила веса смеси остается пассивной и на ее преодоление требуются значительные энергозатраты.

В статическом состоянии под действием вертикальной силы G начальный слой смеси h деформируется (рисунок 1) [1]. При этом каждый каток воздействует на смесь по дуге AC . Равнодействующая сила реакции смеси R приложена в точке E на дуге AC . При этом расстояние от точки E до вертикали AO образует плечо l момента сопротивления качению катка по слою смеси. Приведенная схема применяется при расчете сил сопротивления движению катка по слою смеси. Однако в динамике механизм силового взаимодействия меняется. На границе раздела «смесь-каток» в слое смеси действует сила трения T , направленная по касательной, и сила давления N , направленная по нормали к поверхности катка.

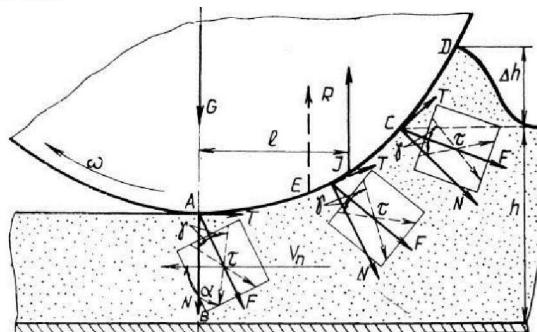


Рисунок 1 – Схема движения катка традиционного смесителя с формированием сдвиговых деформаций в элементарных объемах смеси.

В катковом смесителе сила T направлена в сторону движения катка, в результате чего равнодействующая сила F направлена также по ходу катка. Это приводит к тому, что смесь перед катком выдавливается, образует «волну» и начальный слой смеси h увеличивается на некоторую величину Δh . При этом вектор сдвиговых деформаций τ в элементарных объемах направлен против вектора

потока смеси или образует угол α больше 90° , что объясняет образование «волны» смеси перед катком. Увеличение толщины слоя смеси перед катком приводит к тому, что каток перемещается по дуге AD , вектор силы R перемещается в точку I , увеличивается плечо l , то есть происходит увеличение момента сопротивления смеси.

Характер организованного потока смеси в поперечном сечении корпуса барабанного смесителя будет определяться угловой скоростью движения потока смеси. Именно характер движения элементарных объемов смеси и обеспечивается эффективное перемешивание с интенсивным формированием в них деформаций сдвига, определяющих процесс механоактивации адгезивной оболочки на поверхности зерен ЕПГС и процесс дезагрегации, связанный с разрушением конгломератов и агрегированных зерен.

При вращении корпуса барабанного смесителя организованный поток смеси движется с переменной угловой скоростью, наибольшей скоростью обладают поверхностные слои элементарного объема смеси, которые увлекаются в движение, поверхностью корпуса барабана, увлекая при этом в движение за счет внешнего трения и соприкасающиеся с ними другие элементарные объемы. Нижележащие элементарные объемы в свою очередь будут увлекать следующий слой элементарных объемов. При таком механизме движения слоев даже по толщине минимально условного слоя будет иметь место градиент скорости, тем более между смежными слоями. Движение в каждом слое происходит со скольжением, в результате чего скорость в каждом из последующих слоев уменьшается и доходит до нуля (так называемая «мертвая зона»). В движущихся слоях смеси наряду с наличием градиента скорости формируются деформации сдвига, обеспечивающие механоактивацию адгезивной оболочки и дезагрегацию зерновой основы ЕПГС.

В целях повышения интенсификации процесса формирования деформаций сдвига и увеличения количества единичных актов формирования элементарных объемов необходимо выполнить рабочие органы дискретными и в большем количестве, как по поперечному сечению корпуса, так и по его длине. В качестве эффективного смесителя необходимо использовать барабанные смесители с рабочими органами типа «стержни-катки», конфигурация и количество рабочих органов должно обеспечивать сдвиговые деформации в элементарных объемах смеси по всей мас-

се замеса.

Количество рабочих органов в смесителе должно обеспечивать максимальный эффект дезагрегации зерновой основы смеси и механоактивацию компонентов адгезивной оболочки на поверхности зерен ЕПГС. Малое количество рабочих органов в смесителе не сможет обеспечить максимальный эффект протекания процессов дезагрегации и механоактивации.

Формовочная смесь является сложным много компонентным составом, включающим в себя зерна разнообразных фракций. Результаты исследования процесса дезагрегации оборотной смеси показывают, что на качественное изменение зернового состава оказывает влияние тип применяемого смесеприготовительного оборудования и характер взаимодействия рабочих органов смесителя с компонентами формовочной смеси.

Результаты исследования процесса механоактивации компонентов оборотной смеси позволили установить, что в результате деформаций сдвига происходит частичная оттирка адгезивной оболочки и вскрытие поверхности зерна кварцевого песка. Больший эффект снятия адгезивной оболочки в процессе механоактивации наблюдается у крупных фракций и в меньшей степени у мелких фракций. Данный результат согласуется с выводами о том, что при деформациях сдвига наибольшая нагрузка воспринимается крупными фракциями, а после их дезагрегации распространяется на более мелкие. Причем снятые с поверхности зерен частицы адгезивной оболочки переходят в мелкую фракцию.

В качестве объекта исследования была выбрана оборотная смесь после заливки СЧ-20 при температуре 1300...1350 °C электродуговой плавки, в которой преобладающей является фракция 04 составляющая 34,5 % от всей массы смеси. Также после ситового анализа содержание фракций 1,6 и 2,5 составило 0,3 и 0,15 % соответственно. Притом, что в песке освежения преобладает фракция 02.

Известно, что в катковом смесителе организованный поток смеси перемещается рабочими органами в горизонтальной плоскости разрыхляемый плужками и разминаемый катками. Однако исследование процесса воздействия рабочих органов барабанного смесителя типа «стержни-катки» показало, что в процессе механоактивации одновременно развиваются два процесса: дезагрегация частиц и агрегатирование с образо-

ванием новых частиц. Это можно объяснить тем, что в процессе сухого перемешивания ЕПГС в барабанном смесителе происходит непосредственный более тесный контакт рабочих органов с зернами песка. Тем самым, позволяя частицам связующего равномерно распределиться на поверхности зерна.

На первой стадии нами было исследовано количественное изменение зернового состава оборотной смеси в зависимости от времени дезагрегации и варьирования числа рабочих органов в барабанном смесителе. Анализ данных, полученных в результате проведения экспериментов, позволяет сделать следующий вывод, что дезагрегирующее действие барабанного смесителя значительно эффективнее, чем аналогичное действие каткового смесителя. Из графиков, можно заметить, что после первых нескольких минут дезагрегации (рисунок 2, а) происходит разделение крупных частиц на более мелкие. Наиболее эффективно процесс дезагрегации развивается, когда в корпусе барабана находится 4 и 7 рабочих органов. Причем образовавшиеся мелкие частицы имеют неправильную, хлопьевидную форму с шероховатыми краями. Дальнейшая механоактивация (рисунок 2, б) приводит к уменьшению среднего размера частиц, но образующиеся мелкие частицы начинают приобретать более правильную форму. Однако дезагрегация с 4 и 7 рабочими органами ведет к излишнему накоплению в смеси пылевидных фракций.

В процессе механоактивации и дезагрегации помимо изменения зернового состава ЕПГС происходит и увеличение активности формовочной смеси. На второй стадии были исследованы образцы ЕПГС после механоактивации в катковом и барабанном смесителях, кондуктометрическим методом определения активности суспензии формовочных материалов.

Исследование активности ЕПГС кондуктометрическим методом подтверждают эффективность процессов механоактивации и дезагрегации протекающих при сухом перемешивании. Прежде всего, рост активности обусловлен оттиркой с поверхности зерен оборотной смеси адгезивной оболочки состоящей из активной глинистой составляющей, УСМ, мелких частичек кварца и др. В результате процесса гидратации происходит равномерное распределение формовочного материала по всему объему дистиллированной воды, что вызывает рост

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ АДГЕЗИВНОЙ ОБОЛОЧКИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕРЕН ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ

активности. Значительный рост активности наблюдается впервые две минуты гидратации, затем происходит выравнивание ак-

тивности со второй по десятую минуты эксперимента.

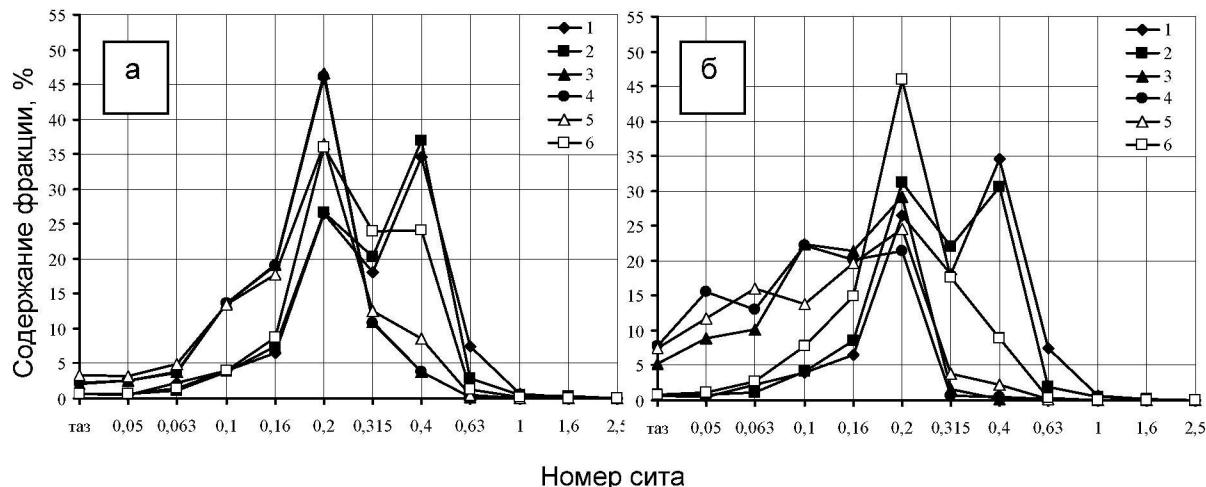


Рисунок 2 – Зерновой состав оборотной смеси после 5 минут (а) и 10 минут (б) механоактивации: 1 – исходная оборотная смесь, 2 – катковый смеситель, 3 – барабанный смеситель с 4 рабочими органами, 4 – барабанный смеситель с 7 рабочими органами, 5 – барабанный смеситель с 10 рабочими органами, 6 – барабанный смеситель с 13 рабочими органами

Из результатов исследований активности ЕПГС после сухой механоактивации в катковом и барабанном смесителях с варьируемым временем механоактивации можно заметить, что наибольшей активностью обладает смесь после 7,5 мин механоактивации, однако в барабанном смесителе с рабочими органами типа «стержни-катки» она выше, чем в катковом смесителе на 20...25 %. Известно, что кварц, являющийся основой формовочных песков для ЕПГС не обладает активностью.

Поэтому источником активности формовочной смеси служит ее пылевидная фракция, в состав которой входит активное глинистое связующее, активный УСМ, осколки кварцевых зерен и др.

Результаты исследования активности пылевидной фракции формовочной смеси после сухой механоактивации в катковом и барабанном смесителях показывают, что наибольшей активностью обладает формовочной смеси после 5 минут механоактивации. Однако в барабанном смесителе с рабочими органами типа «стержни-катки» она выше, чем после механоактивации в катковом смесителе на 9...15 %. После механоактивации ЕПГС в катковом смесителе активность ее пылевидной фракции отличается друг от друга в диапазоне от 5 до 10 %. Исследованию активности были подвергнуты средние фракции зерновой осно-

вы ЕПГС 01 и 0315. Из-за низкой способности кварца проводить электричество было трудно заметить изменение активности фракции 0315 после различного времени механоактивации оборотной смеси в катковом и барабанном смесителях [2].

Из сравнения результатов исследования активности 01 фракции оборотной смеси можно заметить, что наибольший эффект роста активности наблюдается после 5 и 7,5 мин сухой механоактивации в барабанном смесителе с рабочими органами типа «стержни-катки», на 30...40 % выше, чем у формовочной смеси после сухой механоактивации в катковом смесителе. После первых двух минут гидратации происходит резкий рост активности 01 фракции оборотной смеси после сухой механоактивации, затем, как и в случае исследования активности пылевидной фракции, идет выравнивание ее показаний.

Состояние поверхности оборотной смеси фракции 01 и 0315 после сухой механоактивации в барабанном смесителе с рабочими органами типа «стержни-катки» исследовали с помощью сканирующего микроскопа BS – 300. Как уже было отмечено зерна реальной ЕПГС покрыты адгезивной оболочкой это хорошо видно на (рисунке 3 а, в) при увеличении в 400 раз можно разглядеть хлопьевидные частицы глинистого связующего на поверхности зерна.

В процессе сухой механоактивации оборотной смеси в барабанном смесителе происходит вскрытие и оттирка адгезивной оболочки на поверхности зерен и одновременная механоактивация поверхностного слоя кварцевых зерен. На рисунке 3 б, г представлены

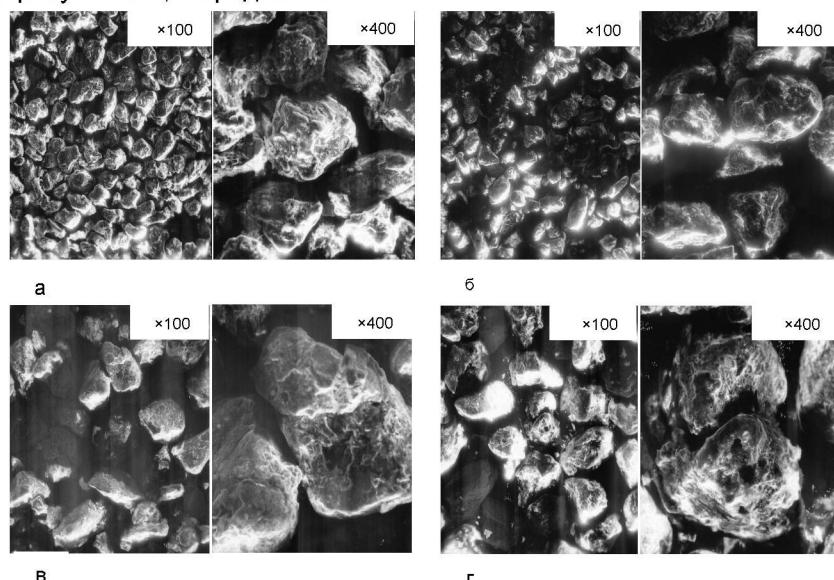


Рисунок 4 – Фотографии ЕПГС после заливки СЧ-20, фракция 01 мм и фракции 0315 мм, а, в – без механоактивации, б, г – после сухой механоактивации в барабанном смесителе с рабочими органами типа «стержни-катки» в течение 300 секунд

В процессе дезагрегации и механоактивации происходит не только изменение и дробление агрегатированных и конгломератов зерен оборотной смеси, но и в результате механического взаимодействия с рабочими органами смесеприготовительного оборудования в пылевидную фракцию переходит активный бентонит и активная углеродсодержащая составляющая. При добавлении воды с оттертой адгезивной оболочкой происходит процесс регидратации и как следствие ее переход в активное состояние с полным возвращением вяжущих свойств, что позволяет повысить эффективность процессов активации адгезивной оболочки зерновой основы ЕПГС. Исходя из выше изложенного, можно резюмировать, что для оптимизации процесса смесеприготовления обеспечивающего протекание процессов механоактивации и дезагрегации зерновой основы оборотной смеси, необходимо применять новое смесеприготовительное оборудование или модернизировать уже существующее.

Для повышения эффективности перемешивания вследствие обеспечения результативной дезагрегации и механоакти-

зации компонентов оборотной смеси после 5 мин сухой механоактивации в барабанном смесителе вследствие удаления адгезивной оболочки зерна смеси приобретают более ровную поверхность.

вации компонентов оборотной смеси в процессе приготовления высокопрочных формовочных смесей и достижения требуемой технологической готовности формовочной смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция силового взаимодействия рабочих органов смесителей с компонентами песчано-глинистой смеси / В.А. Марков, А.С. Григор, Ю.О. Шевцов, Ф.М. Поломошнов // Литейное производство. – 2012. – №10. – С. 30-32.
2. Марков, В.А. Анализ развития процессов дезагрегации и механоактивации оборотной смеси [Текст] / В.А. Марков, А.С. Григор // Литейное производство. – 2010. – №4. – С.21-24.

Григор Андрей Сергеевич – к.т.н., доцент

Марков Василий Алексеевич – д.т.н., профессор

Шнейдер Александр Александрович – аспирант

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина 46,
(АлтГТУ) asgrigor84@mail.ru