

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 621.74

Н.А. Кидалов, Н.А. Осипова, В.А. Закутаев, Ю.М. Ковязина

КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ АДГЕЗИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ФОРМОВОЧНЫХ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ СМЕСЕЙ С ПОВЕРХНОСТЬЮ МАТЕРИАЛА МОДЕЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Волгоградский государственный технический университет

Данная работа посвящена разработке комплексной методики, позволяющей оценивать адгезионное взаимодействие формовочных смесей с материалом модельно-технологической оснастки. Комплексная методика позволяет исследовать как взаимодействие компонентов формовочных смесей с материалом оснастки, так и количественно определить предел адгезионной прочности смеси к модели, а также изменение этих параметров при применении разделительных покрытий и различных составов смесей.

Ключевые слова: комплексная методика, адгезия, формовочные смеси, модельно-технологическая оснастка, предел адгезионной прочности.

Разовые песчано-глинистые формы получили наибольшее распространение при литье черных и цветных металлов. Качество получаемых отливок зависит также от отпечатка литейной формы. Для исследования рецептур смесей и разработки мер по борьбе с прилипаемостью смесей к оснастке необходимо определить величины адгезионного взаимодействия, а также учитывать процессы, протекающие в самой формовочной смеси. Для этого необходимы как общепринятые, так и специальные методы исследований, позволяющие прогнозировать возможность использования технологических добавок и вспомогательных материалов.

Первоначально исследуемые модельные материалы необходимо проверить на склонность к прилипаемости, оценивая их физико-химические характеристики: работу адгезии связующих материалов к материалу оснастки и поверхности кварца, и их поверхностные натяжения.

Исследование взаимодействия жидких связующих материалов с поверхностями модельно-технологической оснастки и кварцевыми зёрнами формовочной смеси является важной задачей, позволяющей объяснить возникновение и величину прилипаемости. Для этого необходимо определить краевой угол смачивания θ (рис. 1) при взаимодействии жидкости с твердой поверхностью и его поверхностное натяжение σ , а далее рассчитать работу адгезии связующего к материалу подложки.

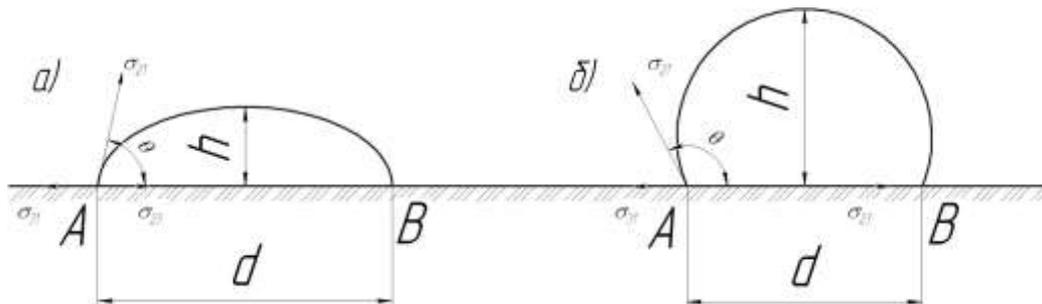


Рис. 1. Схема определения краевых углов при смачивании (а) и сухой (б) поверхности подложки

Расчет величины адгезии жидких компонентов смесей к поверхности оснастки определяется уравнением Дюпре-Юнга [1]:

$$A_{\text{адг}} = \sigma_{21}(1 + \cos \theta), \quad (1)$$

где $A_{\text{адг}}$ - работа сил адгезии жидкости к твердой поверхности (мДж/м²); θ - краевой угол смачивания твердого тела жидкостью; $\cos \theta$ - смачиваемость; σ_{21} - поверхностное натяжение жидкой фазы на границе с газом (мДж/м²).

$$\cos \theta = \frac{r^2 - h^2}{r^2 + h^2}, \quad (2)$$

где $r = d/2$.

Геометрические параметры каплей находили с помощью установки, схема которой приведена на рис. 2.

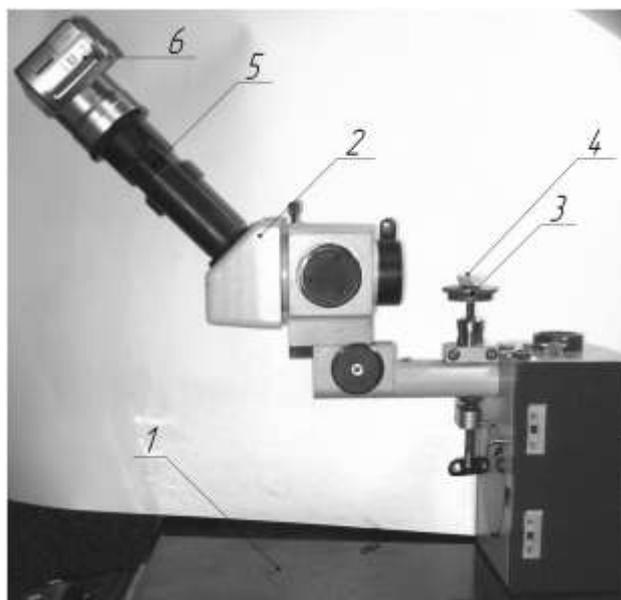


Рис. 2. Схема установки для определения краевых углов смачивания жидких материалов к твердой поверхности:

1 - стол; 2 - биологический микроскоп МБС-9; 3 - предметный столик (регулируемый по высоте); 4 - изучаемое твердое тело, на которое наносятся капли жидкости; 5 - переходник для подключения цифрового фотоаппарата; 6 - цифровой фотоаппарат Canon A62

Для определения краевых углов смачивания был модифицирован биологический микроскоп МБС-9, с помощью которого капли связующей жидкости, нанесенные на поверхность модельного материала, фотографировались при 70-кратном увеличении цифровым фотоаппаратом Canon Power Shot A620 (рис. 2). Для получения тождественных результатов необходимо наносить 3 капли жидкости, примерно одинаковых размеров (2-3 мм в диаметре) и обычно одинаковой массы. При исследовании смачивания измерения следует проводить сразу и через 15–30 с после нанесения жидкости на исследуемую подложку.

Методика проведения исследования: поверхность твердого тела перед измерением тщательно обезжиривают с помощью ваты, смоченной ацетоном; твердую подложку 4 устанавливают на регулируемый предметный столик 3 (рис. 2); наносят каплю исследуемой жидкости и для получения резкого изображения ее контуров используют регулировочный винт, расположенный на штанге микроскопа. Контрастность изображения зависит также и от освещения (целесообразно работать при небольшом накале осветителя); в заключение делается фотография капли на цифровой фотоаппарат 6, который соединен с микроскопом через специальный переходник 5.

Затем фотографии вносятся в компьютерную программу твердотельного моделирования, где замеряются размеры (диаметр d и высота h капли) и краевые углы капель жидкости на подложке. Абсолютных значений величин d и h не требуется, так как при расчете $\cos\theta$ используется отношение этих величин. Расчет адгезии проводили по формуле (1) (рис. 1).

Для исследования действия разделительных покрытий предварительно очищенную твердую подложку, состоящую из материала модели, покрывали исследуемым составом, а каплю связующего, входящего в состав исследуемой смеси, наносили сверху. Таким образом определялись краевые углы смачивания и работы адгезии связующим материалом разделительного покрытия.

Для определения величин поверхностных натяжений связующих материалов, а также жидких разделительных покрытий пользовались методом П.А. Ребиндера [2], основанного на принципе наибольшего давления пузырька.

Этой методикой можно определить меру смачивания поверхности кварца и модели жидким связующим, рассчитать удельную работу адгезии связующего материала к модельной оснастке (без покрытия и с нанесенным разделительным составом), а также выявить уровень адгезионного взаимодействия.

Таким образом, на первой стадии определяется физико-химическое взаимодействие компонентов формовочных смесей к поверхности модельно-технологической оснастки величиной работы адгезии. После этого исследуемые контактные пары необходимо исследовать с позиции определения адгезии между уплотненным составом смеси и модельной оснасткой. Для этого методика определения прилипаемости включает следующие этапы:

1. На разрывной машине РМ-50 с использованием специальной оснастки моделируется процесс взаимодействия с вертикальной стенкой модели 1 уплотненной формовочной смеси (рис. 3). При протяжке модели из уплотненного с помощью бойка 3 образца формовочной смеси, находящегося в испытательном цилиндре 2, определяется предел адгезионной прочности. Суть этого метода заключается в определении максимального сдвигового усилия, требуемого для разрушения адгезионного соединения адгезив – субстрат. Далее производят расчет предела прочности адгезионного контакта, зная площадь вертикальной поверхности контактирующей с материалом извлекаемой модели.

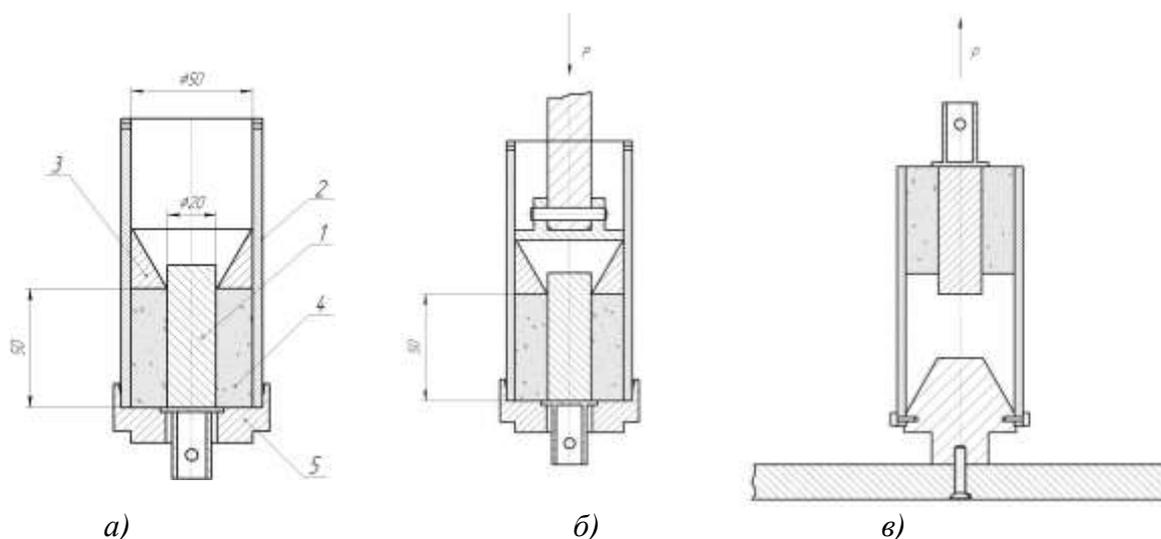


Рис. 3. Схема оснастки и последовательность проведения эксперимента, позволяющая определить предел прочности адгезионного контакта между вертикальной поверхностью модели и образцу уплотненной формовочной смеси:

1 - модель с вертикальным участком; 2 - испытательный цилиндр; 3 - боек; 4 - образец из формовочной смеси; 5 – поддон;

а - сборка оснастки и засыпка навески формовочной смеси;

б - уплотнение формовочной смеси на копке с использованием бойка-переходника;

в - испытание закрепленной оснастки методом pull-out на разрывной машине РМ-50

Данный метод позволяет изменять материал модельно-технологической оснастки и составы формовочных смесей, а также оценивать эффективность применения разделительных покрытий. В химической физике при исследовании адгезии полимеров к волокнам используют похожую методику под названием «pull-out» [3].

2. На установке для определения физико-механических свойств смесей LRuTS, используя специальную оснастку (рис. 4), определяли усилия смещения заформованного в цилиндре образца, которые являлись мерой взаимодействия формовочной смеси с модельной оснасткой. Данный метод позволяет количественно оценить адгезию формовочной смеси к вертикальным стенкам модели, имеющей различную шероховатость поверхности.

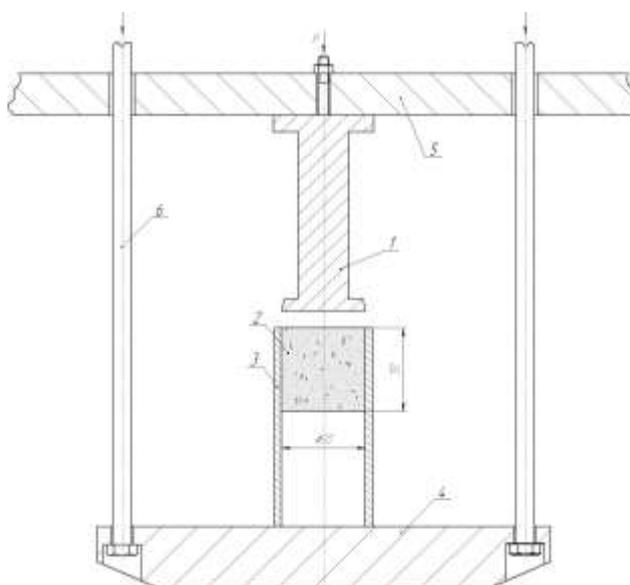


Рис. 4. Схема определения усилия извлечения стандартного цилиндрического образца из испытательного цилиндра:

1 - пуансон; 2 - стандартный цилиндрический образец из формовочной смеси; 3 - испытательная гильза; 4 - траверса противодавления, соединенная с индуктивным датчиком измерения нагружения; 5 - траверса нагружения; 6 - штоки, передающие усилие на индуктивный датчик растяжения

В начале эксперимента выбирается испытательный цилиндр d 50 мм, изготовленный из исследуемого модельного материала и имеющий заданную шероховатость внутренней рабочей поверхности. В зависимости от задачи исследований на эту поверхность наносится исследуемое разделительное покрытие, либо испытания проводятся без покрытия. Оно уплотняется тремя ударами копра, формируя стандартный цилиндрический образец из смеси. Готовый к испытанию образец с гильзой устанавливается на траверсу противодавления 4 и с помощью установки LRuTS производится перемещение траверсы нагружения 5 с закрепленным на ней пуансоном 1 до соприкосновения с поверхностью образца, находящегося в испытательной гильзе. Далее производится испытание, при котором траверса нагружения 5 медленно воздействует на образец 2 с помощью пуансона, а индуктивный датчик регистрирует усилие, передаваемое ему траверсой противодавления 4 и штоков 6. Полученные изменения индуктивности регистратор преобразует в предельную нагрузку, т.е. в силу, требуемую для преодоления адгезионного контакта (формовочная смесь – материал модели). Отношение данной силы к площади контакта характеризует предел прочности адгезионного контакта.

Когезионная прочность исследуемых смесей оценивалась пределом прочности на разрыв стандартного цилиндрического образца во влажном состоянии [4]. Для этого использовалась приставка к универсальному аппарату типа LRu для исследования прочностных свойств формовочных и стержневых масс. Данное устройство работает по

принципу рычага первого рода. Оборота рычага вокруг точки под влиянием силы, созданной плечом 3 универсального аппарата, ведет к растягиванию цилиндрической пробы, заформованной в разрезной втулке. Верхняя втулка имеет две цапфы в виде призм, служащих для ее подвески на рычаге устройства. Нижняя втулка 5 имеет также две цилиндрические призмы, определяющие ее положение в яме 6. На втором конце рычага 1 подвешен противовес 7. Кронштейн 8 рычага и ядро прикреплены к основанию 9. В основание вдавлены два штифта 10 с отверстиями, предназначенными для закладки клиньев 11. Нажим на рычаг устройства происходит через конус 12, закладываемый в плечо универсального аппарата. Между рычагом и основанием прикреплен амортизатор 13, заполненный амортизаторным маслом (рис. 5).

Определение прочности на разрыв во влажном состоянии ведется на стандартных образцах, выполненных из исследуемых смесей $d = 50$ мм и $h = 50$. Предел измерений от 0 до 0,033 МПа.

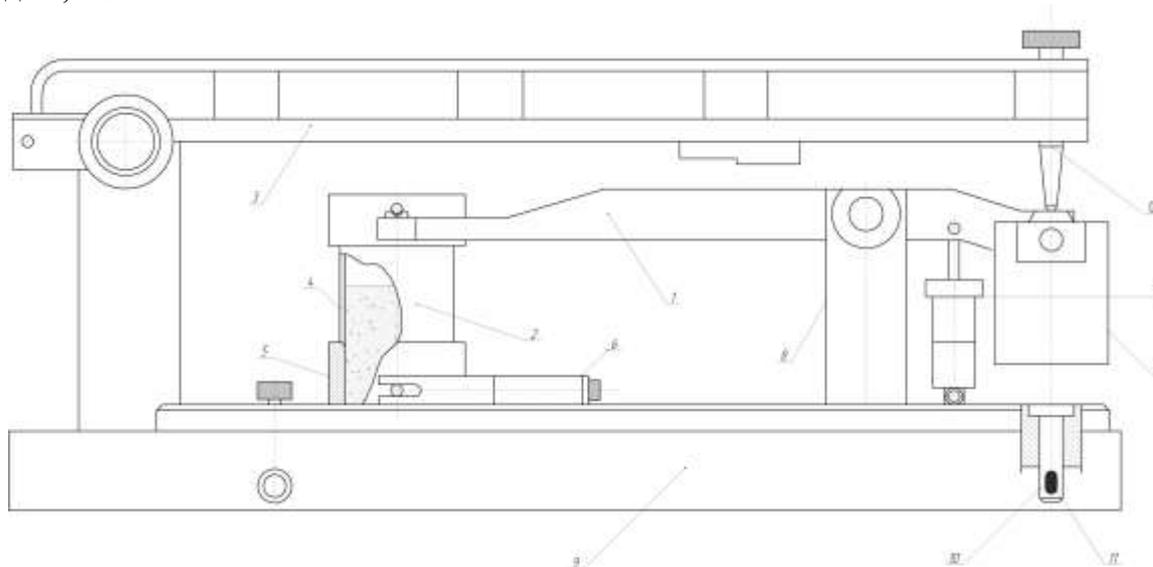


Рис. 5. Схема прибора для определения предела прочности на разрыв цилиндрических образцов во влажном состоянии:

1 - рычаг приставки; 2 - разъемный испытательный цилиндр; 4 - верхняя часть, 5 - нижняя часть; 3 - плечо универсального аппарата LRu; 6 - ядро; 7 - противовес; 8 - кронштейн; 9 - основание прибора LRu; 10 - штифт; 11 - клин; 12 - конус; 13 - масляный амортизатор

Данная методика позволяет оценивать предел когезионной прочности формовочных смесей во влажном состоянии, при этом возможно зарегистрировать изменение данной характеристики в зависимости от составов и свойств, применяемых формовочных материалов и смесей.

3. Физико-механические, гидравлические и технологические свойства формовочных смесей и связующих материалов определялись по стандартным методикам [5].

Данная комплексная методика, состоящая из перечисленных методов исследования, заключается в определении: способности материалов формовочной смеси и модельной оснастки к взаимодействию, сил прилипания к вертикальным поверхностям моделей и когезионной прочности. При этом в качестве моделей использовались «штыри» и «гильзы», выполненные из разных материалов и обработанные с различной шероховатостью поверхности.

Комплексная методика позволяет исследовать взаимодействие компонентов формовочных смесей с материалом оснастки, количественно определить предел адгезионной прочности смеси к модели, а также определить изменение этих параметров при применении разделительных покрытий и различных составов смесей.

Библиографический список

1. **Зимон, А. Д.** Коллоидная химия / А. Д. Зимон. – М.: АГАР, 2003. – 320 с.
2. **Малышева, Ж. Н.** Теоретическое и практическое руководство по дисциплине «Поверхностные явления и дисперсные системы»: учеб. пособие / Ж. Н. Малышева, И. А. Новаков // ВолГТУ. Волгоград. 2007. – 344 с.
3. **Горбаткина, Ю. А.** Адгезия полимеров к волокнам. Дальнейшее развитие метода pull-out / Ю.А. Горбаткина, В.Г. Иванова-Мумжиева // Клеи. Герметики. Технологии. 2009. №3. С. 28–30.
4. **Валисовский, И. В.** Технологические испытания формовочных материалов / И. В. Валисовский, Я. И. Медведев. – М.: Машгиз, 1963. – 213 с.
5. Технология литейного производства. Литье в песчаные формы / под ред. А. П. Трухова. – М.: Академия, 2005. – 352 с.

*Дата поступления
в редакцию 01.02.2010*

N.A. Kidalov, N.A. Osipova, V.A. Zakutaev, U.M. Kovyazina

**THE COMPLEX EVALUATION METHODOLOGY OF ADHESIVE INTERACTION
OF COMPONENT MOLDING SAND MIXTURE WITH THE SURFACE
OF THE MATERIAL OF MODELING-TECHNICAL SNAP**

This work is devoted to developing a complex methodology that allows to evaluate an adhesive interaction of molding mixtures with the material of modeling-technical snap. The complex methodology enables study the interaction of the molding mixture components with the material of snap, and to quantify determine the limit of adhesion strength of the mixture to a model, as well as to determine the change of these parameters when applying of the separation coatings and different compositions of the mixtures.

Key words: molding mixture, modeling-technical snap, adhesion, antisticking.