

*Д.Г. Трегубов, к.т.н., старший преподаватель, НУГЗУ,  
А. Н. Лыман, студент, НУГЗУ*

## **АСПЕКТЫ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКЛОННОСТИ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ К ТЕПЛОВОМУ САМОВОЗГОРАНИЮ**

(представлено д-ром техн. наук Соболев О.М.)

Рассмотрено состояние вопроса относительно способа выбора степени заполнения вращающегося барабана при испытании зернистых проб разной кажущейся плотности. Произведены обоснование и выбор способа отбора пробы для заполнения реакционной камеры барабанного типа в рамках методики определения склонности твердых материалов к тепловому самовозгоранию.

**Ключевые слова:** проба, масса, объем, самовозгорание

**Постановка проблемы.** В данной работе рассматриваются аспекты разрабатываемой методики определения склонности твердых материалов к тепловому самовозгоранию в условиях электроконтактного нагрева. Известна проблема, возникающая при исследовании зернистых материалов, по-разному решаемая в рамках различных методик, а именно – отбор пробы для испытания по массе или по объему. Решение этого вопроса серьезно влияет на результаты испытания и индивидуально для каждого случая, оно основано на анализе характера влияния на материал обширной группы факторов при испытании. Поэтому откликом на загрузку во вращающийся барабан зернистых материала по массе или по объему могут оказаться разные технологические свойства пробы. При определении склонности твердых материалов к тепловому самовозгоранию вращение необходимо для стабилизации и стандартизации теплового режима испытания пробы в целом, а также для обновления электрических контактов между частичками пробы при ее электронагреве. Необходимо создать для разных проб одинаковые условия окисления и теплообмена.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В большинстве методик, связанных с исследованием зернистых материалов, принимают отбор пробы по массе. Это связано в первую очередь с тем, что массу определять проще и можно это сделать с требуемой степенью точности. В рассмотренных методиках [1, 2, 3, 4] при определении технологических физико-химических свойств доменного кокса, в том числе реакционной способности, принято отбирать пробу по массе. По методике [4] испытания кокса фракции +20 мм и массой 50 (25) кг на проч-

ность проводят в большом (малом) барабане (100 оборотов). В настоящее время производство нацелено на поддержание международного стандарта [2]: термомеханическим испытаниям подвергается кокс фракции 19 - 22 мм массой 200 г при скорости вращения 20 об·мин<sup>-1</sup>. Электротермический метод УХИНа [1] предлагает испытывать коксы фракции 6 – 10 мм с массой пробы 200 г при вращении барабана со скоростью 30 об·мин<sup>-1</sup> и подаче воздуха. Такая обработка обеспечивает протекание окислительно-восстановительных реакций и истирание кокса. По умолчанию предполагается, что одинаковая масса проб будет создавать одинаковые условия для воздействия на разные пробы.

Нами предложен электротермический метод определения склонности твердых материалов к самовозгоранию [5]. Материал фракции 6 – 10 мм подвергается воздействию тепловых нагрузок при диссипации в электропроводном наполнителе электрической энергии и химическом взаимодействии с имеющимся в реакционной камере газообразным реагентом. Цилиндрический барабан вращается относительно своей оси, со скоростью 1 об·мин<sup>-1</sup>, поэтому в ходе испытания истирание практически отсутствует.

**Постановка задачи и ее решение.** Для получения адекватных результатов анализа в описанной установке необходимо принять один из вариантов загрузки: 1) пробы с одинаковой массой, но вариативного объема; 2) пробы с одинаковым объемом, но вариативной массы. Испытание должно создавать идентичные условия воздействия на различные материалы для получения чувствительного отклика по рассматриваемому показателю.

Несмотря на то, что во всех проанализированных методиках определения прочности и реакционной способности зернистых материалов принята загрузка по массе, существует ряд соображений, которые говорят в пользу взятия пробы по объему. Поэтому в данной работе поставлена задача проанализировать влияние на итоговые показатели испытания во вращающемся барабане фиксированной массы и объема исходной пробы.

Сравним особенности испытания зернистых материалов во вращающейся камере в условиях микродугового воздействия и реакции с газообразным окислителем при отборе проб по массе и по объему.

1. *Количество частиц.* При взятии пробы данной фракции по объему достигается близкое количество частичек в разных опытах и, соответственно, близкая площадь поверхности механического и электроконтактного взаимодействия частиц. В то же время, рассев обработанной в барабане пробы показывает, что фракция < 1 мм на 90 % состоит из частиц < 0,5 мм [5]. Это говорит о том, что разрушение образца происходит именно по поверхности частиц. Поэтому близкая интенсивность действия механических, химических, микродуговых

факторов будет наблюдаться при испытании проб, имеющих стандартный объем.

2. *Степень заполнения барабана* определяет длину пути пересыпания засыпи при вращении барабана. На истирание частиц большее влияние оказывает не масса пробы, а длина пути пересыпания частиц. При этом незначительное расхождение значений масс частиц в пробах с разной плотностью материала незначительно влияет на величину истирающих и раскалывающих усилий. Учитывая диапазон кажущихся плотностей испытываемых твердых материалов, при загрузке по массе возможны варианты полупустой и переполненной реакционной камеры. Кроме этого, в полупустом барабане большее количество частиц участвуют в пересыпании.

3. *Температура испытания.* Разная степень заполнения барабана, при измерении температуры камеры по оси ее вращения, приводит к тому, что точка измерения температуры может оказаться: 1) ближе к центру загрузки (наименьшая средняя температура пробы), 2) на периферии, 3) в газовой среде над уровнем пробы (наибольшая средняя температура пробы). Кроме этого, вращение усредняет температуру в объеме зернистой пробы в барабане и приближает условия к изотермическим. Разный уровень заполнения барабана при отборе проб по массе определяет разную интенсивность перемешивания и, соответственно, разную степень приближения к изотермическому режиму в пробе.

4. *Площадь реакционной поверхности.* Для физико-химических процессов, протекающих в барабане, важно равенство внешней реакционной поверхности пробы, которая пропорциональна количеству частиц. Это достигается при испытании проб равного объема.

Таким образом, проба, взятая для испытания со стандартной массой, но с меньшей кажущейся плотностью, чем у эталонного материала, который обеспечивает заполнение 70 % барабана, будет иметь больший объем и большее количество частиц установленной фракции. Поэтому в ходе опыта будет наблюдаться более интенсивная реакция (чем в эталонной пробе той же реакционной способности) из-за увеличения реакционной поверхности; менее интенсивное истирание из-за меньшего пути осыпания внешнего слоя засыпи при вращении барабана; несколько меньшая средняя температура пробы из-за попадания осевой термопары ближе к центру засыпи, поэтому наблюдается недогрев пробы и уменьшение показателей реакционной способности и истираемости. То есть, загрузка проб по массе сближает показатели оценки качества разных проб и снижает чувствительность метода.

Проба, подготовленная со стандартным объемом и имеющая меньшую кажущуюся плотность, чем у эталонного материала, будет

иметь меньшую массу, но занимать тот же объем в барабане, иметь то же количество частиц, путь пересыпания и площадь реакционной поверхности. Поэтому при прочих одинаковых физико-химических свойствах с эталонным материалом будут наблюдаться одинаковые: интенсивность реакции, истирание, путь пересыпания частиц, средняя температура и градиент температур в пробе. Это определяет более высокую чувствительность испытания. Погрешность опыта при этом меньше и зависит от погрешности определения объема.

Необходимость загрузки по объему для получения адекватных и стабильных показателей проверена экспериментально. В выбранном режиме обработки провели определение степени газификации (как функции реакционной способности) эталонной и испытываемой проб металлургических коксов разной кажущейся плотности при разных массах проб и соответственно разного объема. Затем этот эксперимент провели для смеси указанных проб с теми же суммарными массами, что и для индивидуальных проб. При этом получили объем отличный от объема индивидуальных проб эталонного и испытываемого кокса. Т. е., испытанию подвергался тот же кокс с той же массой, но с другим объемом пробы. Исходили из предположения, что если условия испытания хорошо коррелируют с массой пробы, то результат опыта не изменится. В зависимости от того, какой механизм воздействия на пробу преобладает, степень газификации будет коррелировать или с исходной массой, или с объемом пробы в пределах линейной зависимости.

В ходе эксперимента были получены линейные зависимости для степени газификации индивидуальных проб данного кокса в диапазоне объемов  $350 - 400 \text{ см}^3$  с соответствующей массой  $200 - 235 \text{ г}$ , рис. 1.

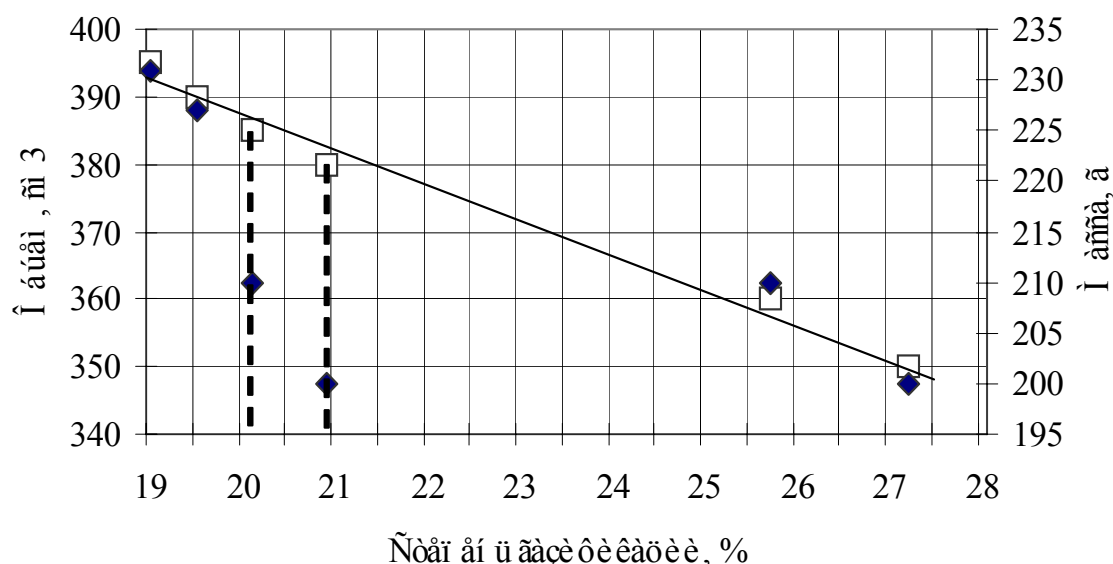


Рис. 1. Степень газификации при термообработке кокса:  $\blacklozenge$  - данные представленные по массе пробы,  $\square$  - данные представленные по объему пробы, пунктиром отмечены данные, полученные для смешанных проб.

Затем на графики наносились данные, полученные при обработке смешанных проб (рис.1., пунктир). Смешанные пробы при той же массе 200 и 210 г заняли больший объем – 380 и 385 см<sup>3</sup>. Степень газификации (реакционная способность), рассмотренная, как зависимость от объема смешанной пробы достаточно точно попадает в область линейных зависимостей с коэффициентом корреляции 0,99. Зависимость степени газификации от массы смешанной пробы имеет низкий коэффициент корреляции 0,54, и совершенно не идентифицируются с графиком качества исследуемого кокса. Это подтверждает принятое предположение о том, что реакционная способность материала в опыте пропорциональна объему пробы (и реакционной поверхности), и не зависит от массы пробы.

Таким образом, эксперимент подтвердил, что высокая сходимость результатов термоиспытания материалов на реакционную способность во вращающемся барабане достигается при отборе проб по объему.

Как показано выше, изменение объема пробы влияет на интенсивность как истирания, так и химической реакции. Это позволяет выбрать технологически выгодную степень заполнения барабана. В нашем случае истирание не нужно (поскольку у разных материалов разная степень истирания и это будет искажать результаты эксперимента), поэтому загрузка барабана должна проводиться предварительным определением объема пробы в количестве 90 % от рабочего объема барабана. Это обеспечит вспушивание пробы, а не истирание частиц. Большая степень заполнения может вызвать ухудшение теплораспределения в пробе и перегрев ее центральной части, которая и контролируется термопарой. Тогда средняя температура пробы будет заниженной.

**Вывод.** Чем шире диапазон кажущихся плотностей испытываемых материалов, тем больше погрешность анализа при испытании проб в барабане, взятых по массе. Экспериментально обоснован выбор метода отбора проб по объему, как обеспечивающий более близкие условия для определения реакционной способности зернистого материала во вращающемся барабане.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1651546 СССР. Способ определения прочности кокса / Слободской С.А., Скляр М.Г.; заявитель УХИН, 18.09.91; опубл. 20.12.91, Бюл. №19.
2. Дубравски С. Автоматическое определение параметров доменного кокса ISO 18894/Дубравски С., Савицки Я.//Уголь. -2006. - №1. - С. 58 - 63.
3. Веселовский В.С. Физические основы самовозгорания углей и

---

руд / Веселовский В.С., Виноградова Л., Орлеанская Л. – М: Наука. – 1976. – 160 с.

4. Кокс з розміром кусків 20 мм. Визначення механічної міцності: ДСТУ 2206-93: 1993.- [Від 1994-07-01]. -К.: Держстандарт України, 1994. -12 с.

5. Трегубов Д.Г. Моделирование процессов теплового самовозгорания / Трегубов Д.Г., Бондарчук М.Г. // Проблемы пожарной безопасности. - Харьков: УГЗУ.-Вып.25. - 2009. – С. 185-189.

niszu.edu.ua

Д.Г.Трегубов, А.Н. Лиман

**Аспекти методики визначення схильності твердих матеріалів до самозаймання**

Розглянуто стан питання щодо способу вибору ступеня заповнення обертового барабана при випробуванні зернистих проб різної уявної щільності. Зроблено обґрунтування й вибір способу відбору проби для заповнення реакційної камери барабанного типу в рамках методики визначення схильності твердих матеріалів до теплового самозаймання.

Ключові слова: проба, маса, об'єм, самозаймання.

D.G. Tregubov , A. N. Liman

**Aspects of the methodology for determining the propensity to spontaneous combustion of solid materials**

The state of the question concerning the method of choice for the degree-filled rotating drum test samples of different grain apparent density. Made the rationale and choice of sampling method for filling a reaction chamber within the drum-type methodology for determining the tendency of solids to the heat spontaneous combustion.

**Keywords:** test, weight, capacity, spontaneous combustion.