

Определение прочности топливных брикетов на разрыв

Казаченко Г.В., Басалай Г.А., Слыш В.В., Слыш В.М.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время прочность топливных брикетов определяют на изгиб, сжатие, срез и растяжение. В наибольшей степени прочностные свойства брикетов определяются их сопротивлением растяжению [1]. Для испытаний на разрыв обычно изготавливают образцы брикетов в форме «восьмерки», что позволяет закрепить такой образец в разрывном приспособлении прессы. Изготовить такие образцы из реального брикета достаточно сложно, поэтому испытания брикетов на растяжение практически не проводятся.

В связи с этим нами предложена специальная методика для испытаний брикетов на отрыв (разрыв).

Методика испытаний образцов брикета на отрыв заключается в следующем. В испытуемом образце (брикет) сверлится глухое отверстие диаметром 5 мм. Отверстие не доходит до нижнего торца образца на величину $h = d = 5$ мм.

Схема создания нагрузки на образец при испытании на отрыв приведена на рис. 1. Образец устанавливается на опорное кольцо 3, размещенное на нижней плите 1 гидравлического прессы ПГПР. В просверленное отверстие в образце 5 вставляется пуансон 4. Давление на пуансон передается верхней плитой прессы 2. В результате нагружения образца через пуансон при напряжениях, превышающих предел прочности на разрыв, происходит отрыв в нижней части образца с образованием кратера, близкого по форме к конусу с диаметром основания D .

В момент разрушения уравнения предельного состояния

$$\iint_S \tau \cdot dS \cdot \sin \alpha \cdot \cos \varphi - \iint_S \sigma \cdot \cos \alpha \cdot dS \cdot \cos \varphi = 0;$$

$$\iint_S \tau \cdot \cos \alpha \cdot dS + \iint_S \sigma \cdot \sin \alpha \cdot dS = P,$$

где S - площадь боковой поверхности кратера;

σ , τ - нормальное и касательное напряжения на поверхности кратера;

α - половина угла конуса кратера;
 P - нагрузка.

Схема нагружения образца при испытании на отрыв

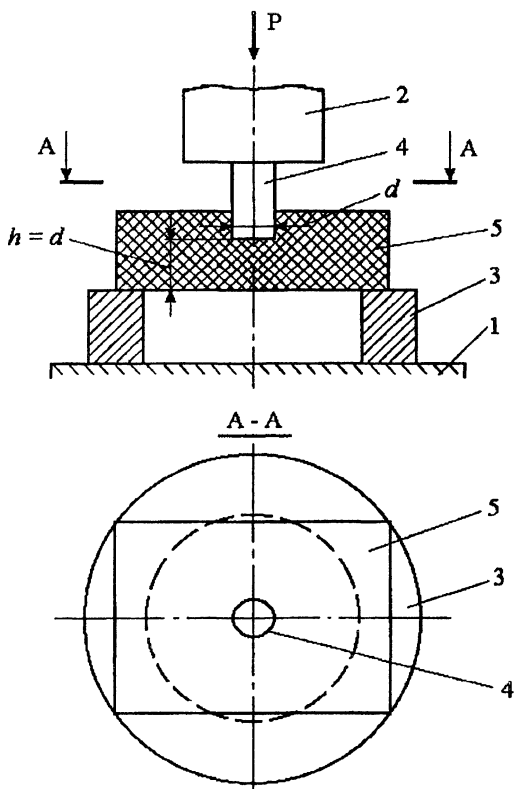


Рис. 1.

1 – нижняя плита (поршень пресса); 2 – верхняя плита пресса;
3 – опорное кольцо; 4 – пуансон; 5 – испытуемый образец

Вследствие симметрии нагружения и изотропности свойств материала брикета, а также исходя из принципа минимума энергии разрушения принимаем, что поверхность, по которой про-

исходит разрушение есть конус.

Тогда первое уравнение преобразуется к виду

$$\tau \cdot \sin \alpha - \sigma \cdot \cos \alpha = 0,$$

а второе —
$$\tau \cdot \cos \alpha + \sigma \cdot \sin \alpha = \frac{P}{\iint_S ds},$$

где
$$\iint_S dS = \iint_S \rho \cdot d\varphi \cdot \frac{dZ}{\cos \alpha};$$

$\rho = R - Z \cdot \operatorname{tg} \alpha$ - текущий радиус конуса

Z - вертикальная координата поверхности.

Окончательно

$$\iint_S dS = \int_0^h \int_0^{2\pi} \frac{R - Z \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha} \cdot d\varphi \cdot dZ,$$

где h - высота конуса.

Интегрируя в заданных пределах, получаем

$$\iint_S dS = \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \left(2\pi \cdot R \cdot h - \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot 2\pi \cdot \operatorname{tg} \alpha \right).$$

Для создания одинаковых условий разрушения во всех экспериментах целесообразно принять $h = 2r$.

С учетом этого получаем

$$\iint_S dS = \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \left(4\pi \cdot R \cdot r - 4\pi \cdot r^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \right),$$

где

$$\cos \alpha = \frac{2r}{\sqrt{5r^2 + R^2 - 2R \cdot r}};$$

$$\sin \alpha = \frac{R - r}{\sqrt{5r^2 + R^2 - 2R \cdot r}};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R - r}{2r}.$$

С учетом последних соотношений имеем окончательно следующую систему уравнений предельного равновесия:

$$\tau \cdot (R - r) - \sigma \cdot 2r = 0;$$

$$\tau \cdot 2\pi \cdot r \cdot (R + r) + \sigma \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) = P.$$

Решение системы дает следующие выражения для определения σ и τ

$$\tau = \frac{2P \cdot r}{\pi \cdot (R + r) \cdot (R^2 + 5r^2 - 2R \cdot r)};$$

$$\sigma = \frac{P \cdot (R - r)}{\pi \cdot (R + r) \cdot (R^2 + 5r^2 - 2R \cdot r)}.$$

Если принять, что разрушение брикетов происходит из-за суммарного действия нормальных и касательных напряжений, то эквивалентное напряжение разрушения можно вычислять по формулам:

$$\sigma_{\text{экр.}} = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2};$$

$$\sigma_{\text{экр.}} = \frac{P}{\pi(R + r) \cdot \sqrt{R^2 + 5r^2 - 2R \cdot r}}$$

или

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{P}{\frac{\pi}{2} \cdot (D + d) \cdot \sqrt{h^2 + \frac{1}{4}(D - d)^2}}.$$

Предложенная методика была применена при исследованиях возможности применения валково-ячеистого прессы для брикетирования торфа и композитов на его основе. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

На основании изложенного можно сделать вывод, что предложенная и опробованная методика испытаний брикетов на отрыв (разрыв) может применяться при определении качества топливных брикетов, что позволит иметь сопоставимые, а не условные значения характеристик.

Литература

1. Наумович В.М. Теоретические основы брикетирования торфа. — Минск: 1960. — 196 с.

Таблица 1

Прочностные характеристики торфяных и композитных брикетов на отрыв (разрыв)

№ серии опытов	Характеристика брикета	Тип пресса	Давление подпрессовывания, кПа	Испытательные размеры, мм			Усилие отрыва, Н	$\sigma_{экр.}$ (среднее), кПа
				<i>h</i>	<i>d</i>	<i>D</i>		
1.	100 % торфяная сушонка	*	-	5	5	32	358,0	421
2	100 % торфяная сушонка	**	2400	5	5	26	45,4	120
3	100 % лигнин	**	2000	5	5	26	58,5	100
4	50 % торфяная сушонка + 50 % каменный уголь	**	2000	5	5	26	58,5	98
5	50 % лигнин + 50 % каменный уголь	**	2000	5	5	26	70,8	122
6	70 % торфяная сушонка + 30 % лигнин	**	2000	5	5	26	82,7	132
7	50 % торфяная сушонка + 50 % лигнин	**	3000	5	5	18	56,0	178
8	50 % торфяная сушонка + 50 % лигнин	**	12000	5	5	25	80,0	147

* - Штемпельный пресс;

** - Валково-ячеистый пресс.