

3. Layered metal-intermetallic composites in Ti-Al system: strength under static and dynamic load / A. Patselov, B. Greenberg, S. Gladkovskii, R. Lavrikov, E. Borodin // AASRI Procedia, 3. – 2012. – pp. 107-112.

4. Synthesis and microstructural characterization of Ti-Al₃Ti metal-intermetallic laminate (MIL) composites / L.M. Peng, J.H. Wang, H. Li, J.H. Zhao, L.H. He // Scripta Materialia, 52. – 2005. – pp. 243-248.

5. Resistance-curve and fracture behavior of Ti–Al₃Ti metallic–intermetallic laminate (MIL) composites / Aashish Rohatgi, David J. Harach, Kenneth S. Vecchio, Kenneth P. Harvey // Acta Materialia, 51. – 2003. – pp. 2933-2957.

6. Interface evolution and shear strength of Al/Ti bi-metals processed by a spark plasma sintering (SPS) apparatus / A. Miriyev, A. Levy, S. Kalabukhov, N. Frage // Journal of Alloys and Compounds. – 2016. – 678. – pp. 329-336.

7. Microstructure and mechanical properties of Ti/Al explosive cladding / H. Xia, S. Wang, H. Ben // Materials and Design. – 2014. – 56. – pp. 1014-1019

Солоненко Л.И.¹, Репях С.И.²

(¹ОНПУ, г. Одесса; ²НМетАУ, г. Днепр)

**РАБОТА ВЫБИВКИ ПЕСЧАНО-ЖИДКОСТЕКОВЫХ СТЕРЖНЕВЫХ
СМЕСЕЙ ИЗ ОТЛИВОК**

E-mail: solonenkoli14@gmail.com

В настоящее время в качестве критерия оценки выбиваемости смеси нередко используют значение величины работы, затраченной на разрушение образца смеси с размерами $\varnothing 50 \times 30$ мм. Перед испытаниями «сырые» или термически обработанные образцы из испытуемой смеси с лёгким натягом вставляют в стальную гильзу, что схематично представлено на рис. 1.

После этого, в верхней части образца устанавливают стальной боёк и на лабораторном копре проводят удары по бойку до тех пор, пока он не заглубится в образец на 30 мм. Работу, затраченную на пробивку образца на указанную глубину, рассчитывают по формуле (Дж):

$$A = n \cdot G \cdot h, \quad (1)$$

где A – работа, затраченная на пробивку образца;

n – число ударов бойка до пробивки образца на глубину 30 мм;

G – масса падающего на боёк груза в копре;

h – высота падения груза на копре на боёк.

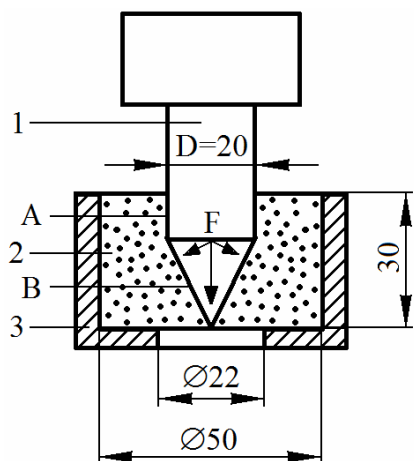


Рис. 1. Схема испытания образцов стержневых и формовочных смесей

на выбиваемость из отливок:

1 – боёк;

2 – испытуемый образец;

3 – гильза с отверстием в днище

В принятой схеме испытаний разрушение материала образца реализуется за счёт удара, при котором происходит его раскалывание и раздавливание.

Количество энергии (работа), затраченной на выбивку, рассчитывают по формулам, составленным на основе гипотезы Риттенгера (гипотеза поверхностей) либо гипотезы В.Л. Кирпичёва (гипотеза объёмов).

Согласно гипотезе Риттенгера, работа, затраченная при измельчении (разрушении) тела, пропорциональна площади вновь образовавшейся поверхности или степени измельчения тела. То есть, в соответствии с гипотезой Риттингера (гипотезы площадей):

$$A_R = z_R \cdot S, \quad (2)$$

где z_R – коэффициент пропорциональности;

S – площадь поверхностей, возникших в результате разрушении тела.

В соответствии с гипотезой В.Л. Кирпичёва, энергия, необходимая для одинакового изменения формы геометрически подобных тел, пропорционально объёмам или массам этих же тел. То есть, в соответствии с гипотезой объёмов, исходя из закона Гука, работу разрушения (дробления) тела рассчитывают по формуле:

$$A_R = \frac{\sigma_{сж}^2 \cdot V}{2E}, \quad (3)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие материала тела;

E – модуль упругости первого рода материала тела;

V – объём тела.

В гипотезе В.Л. Кирпичёва учтены затраты энергии прежде всего на упругую, а затем на пластическую деформацию, но не учтен расход энергии на возникновение в теле

поверхностей разрушения, на преодоление сил внешнего и внутреннего трений, на потери энергии, вызванными тепловыми явлениями и т.п. Из этого следует, что гипотеза В.Л. Кирпичёва применима при дроблении, а гипотеза Риттингера – при размоле (тонком измельчении) тела [1, 2].

Любое измельчение реального тела представляет совокупность одновременно проходящих, но выраженных в различной степени и меняющихся во времени, процессов истирания, дробления, разламывания и т.д. Исходя из этого П.А. Ребиндер, приняв, что энергия, затрачиваемая на измельчение материала, является суммой энергий, затраченных как на деформацию измельчаемого тела, так и на образование новых поверхностей, рассчитывает её по формуле:

$$A = A_R + A_K. \quad (4)$$

Исходя из описанной выше методики определения работы, затраченной на выбивку цилиндрического образца из обоймы, его размеров, формы и размеров бойка, формулу (4) следует дополнить следующими слагаемыми (см. рис. 1):

- Работа (A_A), затраченная на преодоление силы трения (F_{TP}) на цилиндрической поверхности бойка (A) при его движении в образце:

$$A_A = \pi \cdot D \cdot l_A \cdot \mu \cdot (\sigma_{CЖ} + \sigma), \quad (5)$$

где l_A – длина цилиндрической части бойка, заглублённая в материал образца;

μ – коэффициент трения;

σ – сжимающие напряжения в образце, вызванные натягом обоймы при посадке в неё образца (для реальной отливки – линейной усадкой отливки при её охлаждении);

$\pi = 3,14$.

- Работа (A_B), затраченная при прохождении в смеси конической части бойка (B) пути протяжённостью l :

$$A_B = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (\sigma_{\text{эф}} + \sigma) \cdot l \cdot \cos \alpha, \quad (6)$$

где $\sigma_{\text{эф}}$ – некоторое характерное (эффективное) напряжение;

$\cos \alpha$ – косинус угла между вектором приложенной силы и вектором перемещения поверхности.

- Работа (A_D) силы упругости при переходе материала бойка из недеформированного состояния в деформированное при ударе по бойку:

$$A_D = \frac{k \cdot \Delta l_2}{2}, \quad (7)$$

где k – жёсткость материала бойка;

Δl – абсолютное сжатие материала бойка при ударе.

В этом случае формула (4) будет иметь вид:

$$A = A_R + A_K + A_A + A_B + A_D \quad (8)$$

Из анализа формулы (8) следует, что работа выбивки образца по принятой методике зависима от значительного числа переменных факторов и по большей части может быть использована для приблизительной качественной оценки влияния того или иного параметра на выбиваемость стержневой смеси из отливки. В этой связи, для определения закономерностей влияния основных параметров формовочной смеси на работу её выбивки по описанной выше методике использовали метод анализа размерностей. В качестве переменных использовали следующие параметры испытуемого образца: $\sigma_{СЖ}$ – предел прочности на сжатие, K – газопроницаемость; l – характеристический размер кусков образца, выбитых из приспособления.

В результате проведенных вычислений методом анализа размерностей получили следующую формулу:

$$A = z_A \cdot \frac{K^2 \cdot \sigma_{СЖ}^3}{l^4}, \quad (9)$$

где z_A – безразмерный поправочный коэффициент.

Согласно (9) работа выбивки стержневой смеси из отливки возрастает с увеличением её остаточного предела прочности на сжатие, газопроницаемости и с увеличением степени её измельчения – уменьшения характеристического размера образующихся кусков стержня.

Для адаптации математической модели (9) изготовили и определили свойства песчано-жидкостекольных смесей, предварительно высушенных при комнатной температуре и температуре 200 °С, а также впоследствии термически обработанных при температурах до 900 °С.

Результаты экспериментальной проверки адекватности полученной формулы (9) представлены на рис. 2, где светлые точки – экспериментальные данные, чёрные – расчётные величины, исходные экспериментальные данные для построения зависимостей на рис. 2 приведены в табл. 1.

Таблица 1. Экспериментальные данные свойств испытываемых стержневых смесей

σ , МПа	K, ед	A, Дж	σ , МПа	K, ед	A, Дж
1,2	62	35	2,5	83	40
5,3	81	625	3,9	80	110
7,2	84	1070	5,7	86	350
4,4	87	300	5,0	77	270
2,3	85	100	6,4	74	810

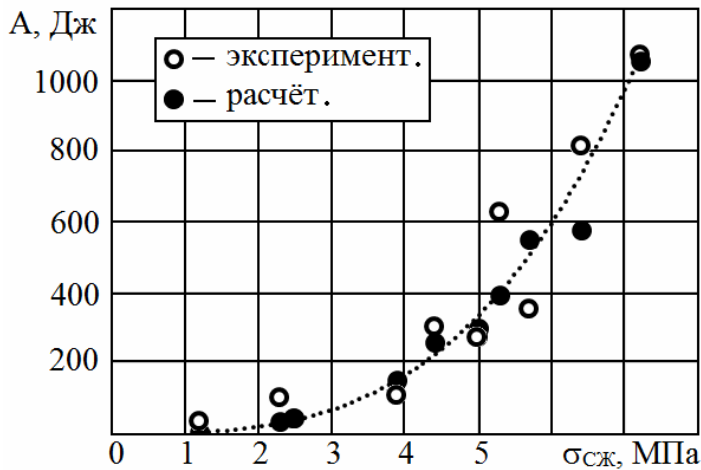


Рис. 2. Зависимость работы выбивки песчано-жидкостекольных образцов от величины остаточного предела прочности при сжатии

Исходя из общепринятых неизменных размеров обоймы и диаметра бойка в описанной выше методике, формулу (9) можно записать в виде:

$$A = z_A^* \cdot K^2 \cdot \sigma_{сж}^3, \quad (10)$$

где z_A^* – поправочный коэффициент.

В соответствии с (10), исходя из большого значения показателя степени параметра газопроницаемости, оценка работы выбивки смеси из отливки только лишь по величине её остаточной прочности – не корректна, но, тем не менее, может быть использована для смесей у которых абсолютные величины газопроницаемостей отличаются друг от друга не более чем на 3%.

Литература:

1. Сапожников М.Я. Машины и аппараты силикатной промышленности / М.Я. Сапожников, И.А. Булавин // Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Промстройиздат, 1955. – 424 с.
2. Батунер Л.М. Математические методы в химической технике / Л.М. Батунер, М.Е. Позин // Изд. 4-е. – Л.: ГХИ, 1963. – 638 с.