

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ



НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ
В МАШИНОБУДУВАННІ

МАТЕРІАЛИ

XI Міжнародної науково-технічної конференції

Присвячено *75- річчю*
Інженерно-фізичного факультету

Україна, Київ

2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ



НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ
В МАШИНОБУДУВАННІ

МАТЕРІАЛИ

XI Міжнародної науково-технічної конференції

Присвячено **75- річчю**
Інженерно-фізичного факультету

Україна, Київ

2019

УДК 621.74-027.31(082)

ББК 34.61я43

Н73

Рекомендовано до друку вченою радою ІФФ КПІ ім. Ігоря Сікорського

Протокол № 04/19 від 03.04.2019 р.

У збірнику представлено матеріали, які висвітлюють актуальні проблеми ливарного виробництва: розроблення прогресивних ресурсозаощадних технологій, одержання литих виробів із різних металів і сплавів у разових ливарних формах і спеціальними способами лиття, фізико-хімічні основи технології металів і сплавів, теорії кристалізації і твердіння виливків, розроблення і використання перспективних формувальних матеріалів і сумішей, сучасні технології виготовлення ливарних форм і стрижнів, моделювання технологічних процесів ливарного виробництва.

X Міжнародна науково-технічна конференція Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2019: матеріали науково-технічної конференції, 30...31 травня 2019 р., м. Київ / загальна редакція Р. В. Лютий, І. М. Гурія. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с.

Відповідальність за інформацію у наданих матеріалах несуть автори.

Технічний редактор: М. М. Ямшинський

Комп'ютерна верстка: І. В. Лук'яненко

УДК 621.74-027.31(082)

ББК 34.61я43

ISSN 2524-0544

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІФФ, 2019

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова – Ямшинський М.М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського
Шинський О.Й., д.т.н., проф., президент Асоціації ливарників України

Дібров І.А., д.т.н., проф., Президент Російської Асоціації ливарників, м. Москва

Савенок А.М., Ген. директор РУП «БМЗ», Голова Білоруської Асоціації ливарників, м. Мінськ

Одарченко І.Б. к.т.н., доцент, декан Механіко-технологічного факультету, ГГТУ імені П.О.Сухого,

м. Гомель

Николайчик Ю.А. к.т.н., доцент, зав. кафедрою МТЛП, БНТУ, м. Мінськ

Луньов В.В., д.т.н., проф., директор Фізико-технічного інституту, ЗНТУ, м. Запоріжжя

Верховлюк А.М., д.т.н., проф., заст. директора ФТІМС НАН України

Пономаренко О.І., д.т.н., проф., віце-президент Асоціації ливарників України

Фесенко А.М., к.т.н., проф., Перший проректор ДДМА, м. Краматорськ

Бурбелко А., проф. AGH University of Science and Technology, м. Краков (Польща)

Дашич Предраг, проф. Вищої технічної школи, м. Трстенец (Сербія)

Рюдігер Бер, зав. кафедрою ЛВ і ОМТ Університету ім. Отто фон Геріке, м. Магдебург (Німеччина)

Інгольф Бем, проф. кафедри ЛВ і ОМТ Університету ім. Отто фон Геріке, м. Магдебург (Німеччина)

Лисенко Т.В. д.т.н., проф, зав. кафедрою ТУЛП, ОНПУ, м. Одеса

Хричіков В.Є. д.т.н., проф, зав. кафедрою ЛВ, НМетАУ, м. Дніпро

Турчанін М.А. д.х.н., проф, Проректор з наукової роботи, управління розвитком та міжнародними

зв'язками ДДМА, м. Краматорськ

Затуловський А.С. д.т.н. проф., ФТІМС НАН України

Фесенко М.А. – учений секретар, к.т.н., доцент, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Федоров Г.С., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Сиропоршнев Л.М., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Гурія І.М., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Могилатенко В.Г., д.т.н., проф., кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Кочешков А.С., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Шейко О.І., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Лютий Р.В., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Самарай В.П., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Артемьев В.В., кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Лук'яненко І.В., кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Ковальчук О.Г. кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

<i>Петруша В.С.¹, Болбут В.В.², Богомол Ю.І.¹ (¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна; ²Отто-фон-Геріке Університет, м. Магдебург, Німеччина)</i> СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ СПРЯМОВАНО ЗАКРИСТАЛІЗОВАНОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ Мо-Ті-В	150
<i>Пригунова А.Г., Бабюк В.Д., Жидков Є.А., Шеневідько Л.К., Недужий А.М. (ФТІМС НАН України, м. Київ)</i> ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ НА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ СПЛАВУ АМ4,5Кd	152
<i>Пригунова А.Г., Ноговицын А.В., Баранов И.Р. (ФТІМС НАН України, г. Киев)</i> ВЛИЯНИЕ ГОМОГЕНИЗАЦИИ НА СТРУКТУРУ СПЛАВА Д16 ПОСЛЕ ЛИТЬЯ-ПРОКАТКИ.....	154
<i>Пригунова А.Г., Шеневідько Л.К., Шейгам В.Ю., Кошелев М.В., Ісайчева Н.П. (ФТІМС НАН України, м. Київ)</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ І МОРФОЛОГІЇ ФАЗ У ПРОЦЕСІ КРИСТАЛІЗАЦІЇ....	155
<i>Самарай В.П., Крижановський К.С. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)</i> КОНТРОЛЬ ЗАПУСКУ ІНДУКЦІЙНОЇ ПЕЧІ	157
<i>Самарай В.П. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)</i> БЕЗПЕРЕРВНИЙ КОНТРОЛЬ ІНДУКЦІЙНОЇ ПЕЧІ	158
<i>Самарай В.П. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)</i> SCADA І КОНТРОЛЬ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЯКОСТІ ІНДУКЦІЙНОЇ ПЕЧІ.....	160
<i>Сергиенко Р.А.^{1,2}, Верховлюк А.М.¹, Щерецкий А.А.¹, Потрух О.Г.¹, Науменко М.И.¹ (¹ФТІМС НАН України, г. Киев; ²Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)</i> ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНИЯ.....	162
<i>Сиропоринєв Л.М. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)</i> СТАБІЛІЗАЦІЯ ВУГЛЕЦЕВОГО ЕКВІВАЛЕНТА В ПРОЦЕСІ ВИПЛАВЛЕННЯ ЧАВУНУ В ДУГОВІЙ ПЕЧІ З КИСЛОЮ ФУТЕРІВКОЮ.....	166
<i>Смірнова Я.О., Гурія І.М. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИГОТОВЛЕННЯ ШАРУВАТИХ МЕТАЛ-ІНТЕРМЕТАЛІЧНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ РІДКОФАЗНИМИ МЕТОДАМИ.....	171
<i>Солоненко Л.И.¹, Репях С.И.² (¹ОНПУ, г. Одесса; ²НМетАУ, г. Днепр)</i> РАБОТА ВЫБИВКИ ПЕСЧАНО-ЖИДКОСТЕКОВЫХ СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ ИЗ ОТЛИВОК.....	173
<i>Солоненко Л.И.¹, Репях С.И.² (¹ОНПУ, г. Одесса; ²НМетАУ, г. Днепр)</i> ОСЫПАЕМОСТЬ ЖИДКОСТЕКОВЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ	178
<i>Степанчук А.М., Богатов О.С., Клеков А.О., Ковтун В.В. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)</i> СТРУКТУРА ТА ДЕЯКІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРОШКОВИХ СПЛАВІВ Al-Fe, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ	179
<i>Степанчук А.М., Гришкевич Т.Є. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)</i> ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ПОРИСТОСТІ ВИСОКОПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ З ПОРОШКІВ НІКЕЛЮ ПРИ ЇХ ВІЛЬНОМУ СПІКАННІ.....	184
<i>Талімонова Н.Л., Чайковський П.О. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)</i> ТЕХНОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ ТИСНЕННЯ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ МЕТАЛЕВИМИ ШТАМПАМИ	188
<i>Тесля С.Ю., Степанчук А.М. (КПІ ім. І. Сікорського, м. Київ)</i> СТРУКТУРА ТА ДЕЯКІ ВЛАСТИВОСТІ ЗНОСОСТІЙКИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙ САМОФЛЮСІВНИЙ СПЛАВ – РЕЛІТ	190
<i>Титаренко В.В., Заблудовський В.О. (ДНУЗТ, м. Дніпро)</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ВУГЛЕЦЕВІСНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МЕТАЛЕВИХ ПЛИВОК.....	194
<i>Трегубенко Г.В., Калінін В.Т. (НМетАУ, м. Дніпро)</i> РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ВТОРИННИХ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ АК6 і АК8, ЩО МАЮТЬ ЗНИЖЕНУ ГАЗОНАСИЧЕНІСТЬ	196
<i>Трегубенко Г.М., Поляков Г.А., Підгорний С.М. (НМетАУ, м. Дніпро)</i> РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ КАРБОНІТРИДНОГО ЗМІЦНЕННЯ ВІДЦЕНТРОВНОЛИТОЇ НИЗЬКОЛЕГОВАНОЇ ЕЛЕКТРОСТАЛІ.....	197
<i>Труш В.С., Федірко В.М., Лук'яненко О.Г. (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів)</i> ЕФЕКТ ДИФУЗІЙНОГО НАСИЧЕННЯ КИСНЕМ ТА АЗОТОМ НА ТВЕРДІСТЬ ПРИ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ЗРАЗКІВ СПЛАВУ Zr-1%Nb	199
<i>Упатов М.І., Коваль Я.М., Богомол Ю.І. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)</i> СТРУКТУРА СПЛАВІВ СИСТЕМИ V ₄ C-NbV ₂ -SiC У ЕВТЕКТИЧНІЙ ОБЛАСТІ.....	200

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.

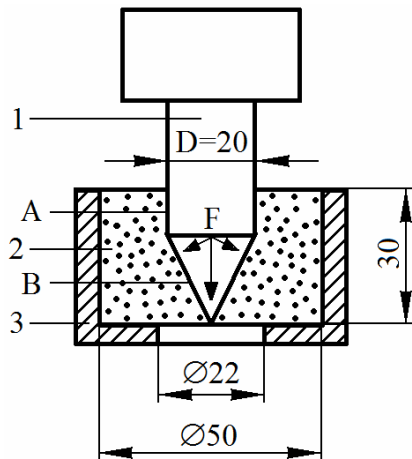


Рис. 1. Схема испытания образцов стержневых и формовочных смесей

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 ($F_{ТР}$) на цилиндрической поверхности бойка (A) при его движении в образце:

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

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 :

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

где $\sigma_{эф}$ – 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

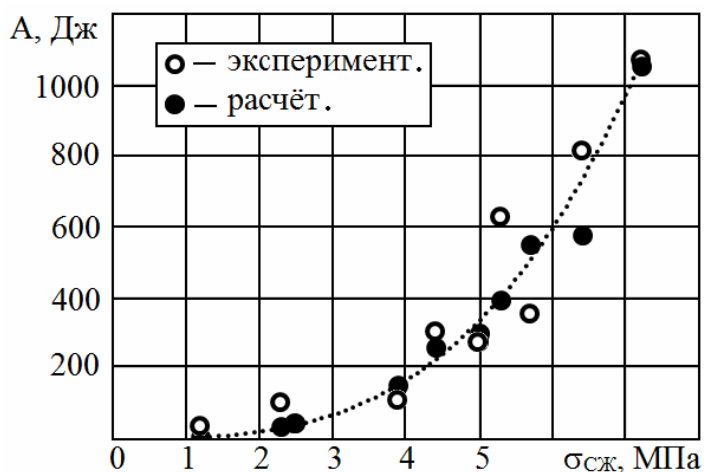


Рис. 2. Зависимость работы выбивки песчано-жидкостекольных образцов от величины остаточного предела прочности при сжатии

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.

Солоненко Л.И.¹, Репях С.И.²

(¹ОНПУ, г. Одесса; ²НМетАУ, г. Днепр)

ОСЫПАЕМОСТЬ ЖИДКОСТЕКОВЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

E-mail: solonenkoli14@gmail.com

Осыпаемость – один из показателей технологичности формовочных и стержневых смесей, который позволяет в первом приближении оценить способность поверхностного слоя структурированной смеси противостоять разрушению при истирании. По сути, осыпаемость является косвенной характеристикой поверхностной прочности формы или стержня.

Величину осыпаемости определяют в соответствии с ГОСТ 23409.9, как относительное изменение массы испытуемого образца цилиндрической формы ($\varnothing 50 \times 50$ мм) после его истирания в течение 1 мин в сетчатом барабане. То есть, исходя из условий проведения испытаний, истинная размерность абсолютной величины осыпаемости (O_c) – кг/(м²·с). В соответствии с ГОСТ 23409.9, величину осыпаемости оценивают величиной относительного изменения массы образца (до и после испытаний), выраженной в процентах. Как показывает практика, при стабильной технологии производства форм и стержней величина их осыпаемости (O_c) до заливки не превышает 0,2%.

Осыпаемость зависит от значительного числа параметров и факторов в числе которых прочность отверждённой смеси, природа и количество связующего материала в смеси, кажущаяся плотность и т.д. В процессе хранения форм и стержней их осыпаемость может изменяться. Такие изменения, как правило, связаны с изменением влажности и химического состава связующего в поверхностном слое. Скорость этих изменений зависит от относительной влажности, температуры и химического состава окружающего воздуха, начальной влажности смеси, структуры и кажущейся плотности отверждённой смеси, фракционного состава зернистого огнеупорного материала и т.д. Помимо указанных факторов на результат определения осыпаемости по принятой методике существенное влияние оказывает и удельная плотность применяемого в смеси зернистого огнеупорного материала, и форма его зёрен, и размеры используемого для испытаний образца.

То есть, между осыпаемостью и перечисленными выше параметрами существует определённая зависимость. Для установления общей структуры предполагаемой зависимости между исходными величинами, основанной только на инвариантности физической зависимости при изменении масштабов единиц, использовали π -теорему анализа размерностей. С этой целью предположили, что между n рассматриваемых физических величин существует некая зависимость у которой вид постоянен даже при изменении масштабов

единиц в некотором классе систем единиц. То есть, она эквивалентна зависимости между меньшим числом $p = n - k$ безразмерных величин, где k – наибольшее число величин с независимыми размерностями среди исходных n величин.

В число переменных предполагаемой зависимости приняли: K – газопроницаемость образца (характеристика структуры отвержденной смеси), $\text{м}^4/(\text{кг}\cdot\text{с})$; $\sigma_{\text{СЖ}}$ – предел прочности образца на сжатие (характеристика природы материалов, состава и структуры отвержденной смеси), $\text{кг}/\text{м}^2$; ρ – кажущаяся плотность отвержденной смеси (характеристика состава и структуры отвержденной смеси), $\text{кг}/\text{м}^3$; l – длина цилиндрического образца (характеристика геометрических размеров образца смеси), м.

Результатом проведенных теоретических исследований стала следующая зависимость:

$$Oc = z_0 \cdot \rho^3 \cdot l \cdot \frac{K}{\sigma_{\text{СЖ}}}, \quad (1)$$

где z_0 – поправочный коэффициент.

Из анализа полученной зависимости следует, что осыпаемость какой-либо структурированной смеси уменьшается с понижением её кажущейся плотности, длины испытуемого образца и его газопроницаемости, а также с увеличением её предела прочности при сжатии.

Степанчук А.М., Богатов О.С., Клеков А.О., Ковтун В.В.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

**СТРУКТУРА ТА ДЕЯКІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРОШКОВИХ СПЛАВІВ Al-Fe,
ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ**

E-mail: astepanchuk@iff.kpi.ua

Сучасний розвиток машинобудування зумовлює створення принципово нових конструкційних багатофункціональних матеріалів, що мають достатньо високі механічні властивості. У разі використання їх як антифрикційних матеріалів вони повинні мати достатньо високий рівень механічної міцності при високих навантаженнях, підвищену зносостійкість та низький коефіцієнт тертя. При застосуванні таких матеріалів при створенні ряду деталей вузлів і механізмів у машинобудуванні, авіаційної і ракетно-космічної техніки до них також ставиться вимога мати малу густину [1]. У цьому відношенні перспективними є легкі композиційні матеріали на основі алюмінію, що поєднують в собі компоненти із високим модулем Юнга, та елементи із суттєво меншими значеннями модуля