

емульсійну вибухову суміш, яку можна вважати екологічно безпечною, тому що вона не містить бризантних ВР у якості пального та сенсibilізатору.

Випробування отриманої суміші на здатність детонувати показали позитивні результати.

Розроблений склад ЕВР, згідно з проведеними розрахунками, має нульовий кисневий баланс, який теоретично не повинен давати отрутих газів. ВР з нульовим чи близьким до нульового кисневим балансом допускаються до підземних робіт.

Наступним етапом для розробленої ЕВР є визначення технологічних параметрів виготовлення, а також проведення випробувань для вивчення детонаційної здатності та вибухових характеристик.

Література

1. Крысин Р. С., Домничев В. Н. Современные взрывчатые вещества местного приготовления. — Днепропетровск: Наука и образование, 1998. — 140 с.
2. Бида Н. Ю., Галиакберова Ф. Н., Манжос Ю. В. Исследование предохранительных водогелевых ВВ // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Хімія і хімічна технологія, 2007. — Вип. 119(9). — С. 177–181.
3. Удовиченко Н. Я., Иоффе Б. В., Андреева С. М. Исследование и разработка предохранительных водонаполненных ВВ для работ по углю в шахтах, опасных по газу и угольной пыли. Технический отчет. Макеевка-Донбасс, 1966.
4. Дубнов Л. В., Бахаревич Н. С., Романов А. И. Промышленные взрывчатые вещества / 3-е изд. Перераб. и доп. — М.: Недра, 1988. — 358 с.
5. Галиакберова Ф. Н., Манжос Ю. В. Об экологической чистоте взрывчатых веществ // Вісник Кременчуцького Держ. Політех. університету, 2006. — Вип. 2. — Ч. 2. — С. 85.–87.
6. Манжос Ю. В., Деньга В. В., Яковина В. Т., Яковина К. В., Новикова Н. А. О создании порошкообразных предохранительных взрывчатых веществ IV класса на основе гексогена // Способы и средства создания безопасных условий труда в угольных шахтах / Сборник научных трудов. Макеевка-Донбасс, 2004. — Ч. 1. — 286 с.
7. Кутузов Б. Н. Технология и безопасность изготовления и применения ВВ на горных предприятиях: Учеб. Пособие для вузов. — М.: Изд-во МГГУ, 1999. — 248 с.

О Бида Н. Ю., Галиакберова Ф. Н., Манжос Ю. В., 2008

УДК 662.242

Тарасова К. С. (ДонНТУ), Манжос Ю. В. (МакНИИ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ВІД ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИБУХОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

У роботі проаналізовано відхилення від рецептури вибухових речовин (ВР) та наведені результати розрахунків залежності їх теплоти вибуху від дійсного вмісту компонентів. На підставі результатів експериментального вимірювання працездатності і наведених розрахунків показано вплив теплоти (енергії) хімічного перетворення на працездатність.

Під час виробництва вибухових речовин на ДКЗХВ відбувається коливання вмісту окремих його компонентів. Хоча ці коливання відбуваються у межах допусків, зазначених у технічній документації, але такі коливання відчутно впливають на реакції вибухового перетворення і, як наслідок — на технічні характеристики продукції. Зокрема на теплоту вибуху і працездатність вибухових речовин.

Мета даної роботи вивчити вплив теплоти вибуху на працездатність та отримати аналітичну залежність цього впливу для промислових ВР.

Вміст компонентів у вибухових речовинах, які випробувались на працездатність, отримано у результаті хімічного аналізу.

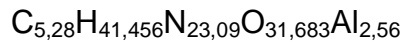
Розрахунки теплоти вибуху для цих речовин проводили згідно [1]. Нами не наведені усі проведені розрахунки, щоб не збільшувати обсягу роботи. Для прикладу наведено розрахунок для одної партії скельного амоналу №1.

Спочатку складаємо бруто формулу вибухової речовини:

Таблиця 1. Вміст елементів в 1 кг скельного амоналу №1У

Назва компонентів	Q	%	M	Кількість молей	C	H	N	O	Al
C ₇ H ₅ O ₆ N ₃	3,65	6,1	227	0,27	1,89	1,35	0,81	1,62	-
NH ₄ NO ₃	656,81	62	80	7,75	-	31	15,5	23,25	-
C ₃ H ₈ O ₆ N ₆	-23,70	25	222	1,13	3,39	9,04	6,78	6,78	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Al	-	6,9	27	2,56	-	-	-	-	2,56
H ₂ O	2,23	0,06	18	0,033	-	0,066	-	0,033	-
Σ	638,99				5,28	41,46	23,09	31,68	2,56

Отримана бруто формула має вигляд:



Для розрахунку кисневого балансу необхідно розрахувати молярну масу скельного амоналу за формулою:

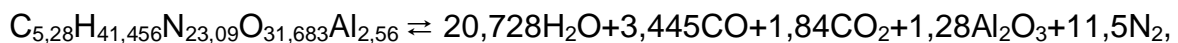
$$M.M = 12 \cdot 5,28 + 1 \cdot 41,456 + 14 \cdot 23,09 + 16 \cdot 31,683 + 27 \cdot 2,56 = 1004,13 \text{ (г/моль)}$$

Кисневий баланс розрахуємо за формулою:

$$KB = \frac{\left(O - 2 \cdot C - \frac{3 \cdot Al}{2} - H \cdot \frac{1}{2} \right) \cdot 16}{M.M} \cdot 100 = -5,49\%$$

де O — кількість атомів кисню у складі ВР; C — кількість атомів вуглецю у складі ВР; Al — кількість атомів алюмінію у складі ВР; H — кількість атомів водню у складі ВР; M.M — молярна маса скельного амоналу.

Виходячи з бруто формули, рівняння реакції вибухового перетворення має вид:



де C_{5,28} — вміст моль вуглецю в 1 кг ВР; H_{41,456} — вміст моль водню в 1 кг ВР; N_{23,09} — вміст моль азоту в 1 кг ВР; O_{31,683} — вміст моль кисню в 1 кг ВР; Al_{2,56} — вміст моль алюмінію в 1 кг ВР; 20,728 — кількість моль води, які утворюються під час вибуху 1 кг ВР; 3,455 — кількість моль CO, які утворюються під час вибуху 1 кг ВР; 1,84 — кількість моль CO₂, які утворюються під час вибуху 1 кг ВР; 1,28 — кількість моль Al₂O₃, які утворюються під час вибуху 1 кг ВР; 11,5 — кількість моль N₂, які утворюються під час вибуху 1 кг ВР.

Теплоту продуктів вибуху Q_{виб} розрахуємо за формулою:

$$Q_{виб} = A_x \cdot V_y,$$

де A_x — кількість моль одного елементу, що утворюється під час вибухового перетворення; V_y — теплота утворення 1 моль речовини при V = const; Q_{виб} — теплота вибухового перетворення, кДж.

$$\begin{aligned} \text{Для } \text{H}_2\text{O:} & \quad 20,728 \cdot 240,88 = 4992,96 \text{ кДж;} \\ \text{CO:} & \quad 3,455 \cdot 113,84 = 393,32 \text{ кДж;} \\ \text{CO}_2: & \quad 1,835 \cdot 396,25 = 727,12 \text{ кДж;} \\ \text{Al}_2\text{O}_3: & \quad 1,280 \cdot 1668,0 = 2135,04 \text{ кДж,} \end{aligned}$$

де 240,88 — теплота утворення 1 моль води при постійному об'ємі, кДж/моль; 113,84 — теплота утворення 1 моль CO при постійному об'ємі, кДж/моль; 396,25 — теплота утворення 1 моль CO₂ при постійному об'ємі, кДж/моль; 1668,0 — теплота утворення 1 моль Al₂O₃ при постійному об'ємі, кДж/моль.

$$Q_{\text{пв}} = Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{CO}} + Q_{\text{CO}_2} + Q_{\text{Al}_2\text{O}_3}$$

$$Q_{\text{пв}} = 1191,7 + 393,32 + 727,12 + 2135,04 = 4447,18 \text{ (кДж/кг);}$$

$$Q_{\text{виб}} = Q_{\text{пв}} - Q_{\text{вих.прод}}$$

$$Q_{\text{виб}} = 4447,18 - 2677,37 = 1769,81 \text{ (кДж/кг);}$$

де $Q_{\text{пв}}$ — теплота продуктів вибуху.

Об'єм газоподібних продуктів вибуху находимо за формулою:

$$V = (20,728 + 3,445 + 1,835 + 11,55) \cdot 22,4 = 841,30 \text{ (л/кг),}$$

де 22,4 л/моль — об'єм, який займає 1 моль газу при нормальних умовах.

Далі підрахуємо значення молярної теплоємності газів вибуху при 0°C та приріст молярної теплоємності при збільшенні температури на 1°C.

$$\Delta a = 26 \cdot (1,835 + 20,728) + 20 \cdot (3,445 + 11,55) + 94,73 \cdot 1,28 = 1007,79 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{C}} \right);$$

$$\Delta \nu = 0,01 \cdot (1,835 + 20,728) + 0,004(3,445 + 11,55) + 1,28 \cdot 0,017 = 0,30737 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{C}}$$

де a — молярна теплоємність продуктів вибуху при 0°C (273 K); ν — збільшення молярної теплоємності при підвищенні температури на 1°C.

$$T_{\text{виб}} = \frac{-1007,79 + \sqrt{(1007,79)^2 + 4 \cdot 5569800 \cdot 0,30737}}{2 \cdot 0,30737} = 2922^\circ \text{C}$$

або за шкалою Кельвіна: $T_{\text{виб}} = 2922 + 273 = 3195 \text{ K.}$

Працездатність вибухових речовин визначали згідно [2] за методом Трауцля.

Результати розрахунків теплоти вибуху $Q_{\text{виб}}$ та отриманих результатів працездатності Φ наведені у таблицях 2, 3, 4.

Таблиця 2. Залежність $Q_{\text{виб}}$, $T_{\text{виб}}$, V від компонентного складу скельного амоналу

партія	тротил, %	селітра, %	гексоген, %	Al пудра, %	волога, %	Φ , см ³	$Q_{\text{виб}}$, кДж/кг	$T_{\text{виб}}$, К	V , л/кг
210/5	6,1	62,0	25,0	6,9	0,06	462	5569,8	3195	841,30
216/2	5,9	62,8	25,0	6,3	0,08	466	5542,41	3180	842,91
216/7	6,0	62,6	25,4	6,0	0,09	466	5504,36	3170	846,72
216/7	5,6	62,2	26,0	6,2	0,14	466	5510,23	3167	848,51
209/2	5,7	63,3	24,6	6,4	0,09	466	5526,28	3173	869,57
209/8	5,8	63,1	25,1	6,0	0,13	466	5481,40	3154	848,96
210/9	6,2	64,5	23,3	6,0	0,06	461	5466,27	3150	844,26
ОП-1	5,8	63,4	24,0	6,8	0,12	465	5566,46	3186	840,45
ОП-2	5,7	62,3	25,3	6,7	0,06	484	5555,61	3189	841,34
227/1	5,9	63,4	24,5	6,2	0,09	465	5483,41	3161	843,36
227/2	7,1	57,8	27,7	7,4	0,07	468	5577,69	3219	843,36

Таблиця 3. Залежність $Q_{\text{виб}}$, $T_{\text{виб}}$, V від компонентного складу амоніту № 6 ЖВ

Партія	Тротил, %	Селітра, %	Волога %	Маса в-ва, г	Діаметр патрону, мм	Щільність патрону, г/см ³	Φ , см ³	$Q_{\text{виб}}$, кДж/кг	V , л/кг	$T_{\text{виб}}$ К
547	21,7	78,1	0,07	251	31–32	1,08	397	4329,00	893,31	2715
558	21,1	78,7	0,18	252	31–32	1,07	398	4328,31	893,00	2710
518	20,6	79,2	0,07	246	31–32	1,05	386	4273,00	890,60	2790
П100	20,1	79,1	0,06	251	31–32	1,07	397	4205,29	884,8	2679
101	21,0	78,8	0,17	252	31–32	1,07	398	4298,98	889,06	2707
102	21,2	78,6	0,05	252	31–32	1,08	398	4330,99	890,62	2716
113	21,3	78,5	0,04	248	31–32	1,06	395	4342,81	891,30	2720
208	21,4	78,4	0,07	244	31–32	1,08	397	4338,75	891,07	2719
209	20,8	79,0	0,14	252	31–32	1,07	398	4300,66	892,19	2701

Таблиця 4. Залежність $Q_{\text{виб}}$, $T_{\text{виб}}$, V від компонентного складу амоніту Г5

Партія	Тротил, %	Селітра, %	Сіль, %	Графіт, %	Волога %	Φ , см ³	$T_{\text{виб}}$, К	$Q_{\text{виб}}$, кДж/кг	V , л/кг
402	17,1	61,7	16,4	4,8	0,07	265	2458	3416,37	704,03
403	17,3	62,6	15,1	5,0	0,07	267	2489	3494,54	714,34
410	16,8	61,7	16,7	4,8	0,04	265	2246	3413,84	700,90
422	17,1	61,6	16,9	4,4	0,08	267	2187	3412,00	703,36
402	16,8	61,8	18,1	3,3	0,04	265	1943	3253,19	788,93
406	17,0	62,6	15,8	4,6	0,07	268	2467	3457,76	712,01
410	17,0	62,0	15,9	5,1	0,03	267	2480	3477,00	706,27
410	17,0	63,1	15,3	4,6	0,06	265	2375	3253,33	715,90
405	17,1	62,0	16,1	4,8	0,05	266	2200	3433,09	706,50

На підставі даних табл. 2, 3, 4 за допомогою програми «Ексел» отримана залежність працездатності вибухової речовини від теплоти вибуху (рис. 1).

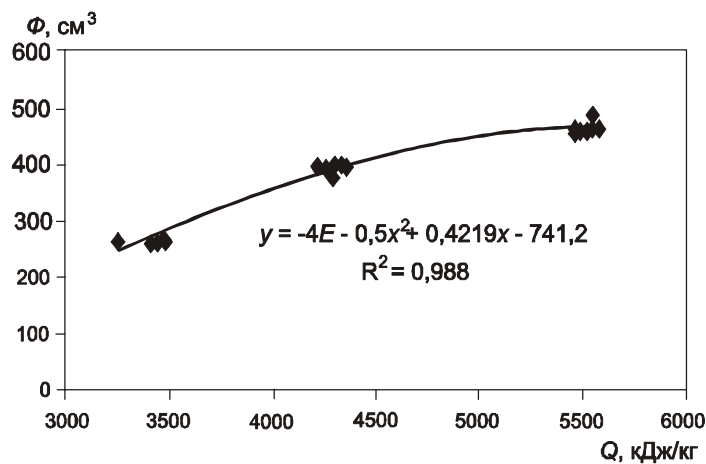


Рис. 1. Залежність працездатності від теплоти вибуху

З наведеної залежності видно, що працездатність промислових сумішних ВР залежить від енергії, яка утворюється в процесі вибухового перетворення.

Коефіцієнт кореляції складає 0,988.

Як слідство з наведеного вище витікає, що приведена залежність дозволяє попередньо оцінити працездатність дослідного зразка нової ВР шляхом проведення нескладних розрахунків енергетики ВР.

Наведена залежність достовірна для інтервалу від 3259 кДж/кг до 5577,69 кДж/кг згідно з максимальними та мінімальними теплотами вибухових речовин, які використані при проведенні даної роботи.

Висновки

В результаті проведеної роботи отримана залежність працездатності вибухових речовин від теплоти їх вибухового перетворення.

Отримана залежність дозволяє аналітично розрахувати працездатність нових вибухових речовин без їх виготовлення і проведення випробувань. Це дуже важливо при створенні нових вибухових речовин, тому, що не завжди економічно виробляти дослідний зразок, якщо невідомі хоча б приблизно його вибухові властивості.

Література

1. **Светлов Б. Я., Яременко Н. Е.** Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. — М.: Недра, 1973. — 208 с.
2. **Дубнов Л. В., Бахаревич Н. С., Романов А. И.** Промышленные взрывчатые вещества. — М.: Наука, 1988. — 158 с.

О Тарасова К. С., Манжос Ю. В., 2008

УДК 666.656:541.12

Прилипко Ю. С. (ДонНТУ, НТЦ «Реактивэлектрон»)

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Приведены результаты исследований по влиянию различных методов прессования полуфабриката и условий спекания на свойства пьезокерамики ЦТСС-3. Предложен наиболее оптимальный вариант производства пьезокерамики.

Высокое качество пьезокерамического материала ещё не гарантирует такое же качество пьезокерамических изделий из-за специфического передела, задачей которого является обеспечение структурно-чувствительных свойств готовых изделий.

Сложные вопросы получения пьезокерамических изделий обусловлены большим числом факторов, познание и оценка роли которых требуют разностороннего экспериментального и теоретического изучения. Процессы формирования свойств пьезокерамических элементов, удовлетворяющих техническим требованиям, управляются теми внутренними и внешними факторами, которые являются ведущими на каждой стадии. Сравнительный анализ методов формования, условий спекания пьезокерамики позволяют оптимизировать режимы её технологического изготовления, повысить процент выхода качественной продукции и обеспечить высокую стабильность рабочих характеристик элементов в сочетании с их высокой чувствительностью.

Первостепенное значение в формировании структуры и свойств пьезокерамических элементов имеет метод оформления полуфабриката.

Существенное преимущество холодного полусухого прессования в пресс-формах по простоте технологического процесса, высокой производительности и возможности механизации ослабляется неоднородностью прессовок по плотности, невозможностью изготовления деталей сложной формы [1, 2].

Изостатическое (гидростатическое) прессование позволяет преодолеть недостатки одноосного прессования [3, 4], однако, в свою очередь, неточность