

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТОПЛИННАТА УСТОЙЧИВОСТ НА ПРАХООБРАЗНИ, ГРУБОДИСПЕРСНИ И ЕМУЛСИОННИ ЕКСПЛОЗИВИ ОТ ВТОРИ КЛАС ЗА РАБОТА В ПОДЗЕМНИ УСЛОВИЯ И НА ОТКРИТО

Гергана Камбурова

Минно геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ С настоящата работа се разглеждат извършените изследвания за топлинната устойчивост на прахообразни, грубодисперсни и емулсионни експлозиви от II – ри клас за подземни и открити взривни работи. Това е един от основните параметри на ЕС гарантиращ безопасна и надеждна работа с тези допуснати до употреба експлозиви за граждански цели.

Прахообразните амониево-селитрени експлозиви са сенсibiliзирани с тринитротолуол, а грубодисперсните АНФО експлозиви са сенсibiliзирани с дизелово гориво. Емulsionните експлозиви представляват водно маслена емулсия на амониевата селитра сенсibiliзирана с микробалони, аератори и смоли. Основната съставна част на тези експлозиви е гранулиран амониев нитрат.

От извършените изследвания съгласно изискванията на новия български и европейски стандарт се установи, че тези марки експлозиви отговарят изцяло на новите изисквания, като не се наблюдава никаква реакция след престояване в топлинна камера при температура 75 ± 2 °C в продължение на 48 h.

STUDY OF THE HEAT STABILITY OF ROUGHLY DESPRESSED AMONIONITRATE EXPLOSIVES

Gergana Kamburova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700, e-mail: minenergo yahoo.com

ABSTRACT. Currently we are examining the data obtained by study of the heat stability of powdered, roughly desperssed and emulsions explosives of class II for surface and underground blasting work. This is one of the main a key parameter for safe and reliable performance of the explosives for civil uses. Explosives of Class II are those allowed for underground conditions such as cap sensitive explosives, nitroglycerine type explosives, booster sensitive explosives type ANFO and certain makes of roughly dispersed ammonites.

The powdered explosives are sensitized with trinitrotoluene and Lazarit has additional powdered or liquid energetic material in its makeup. The emulsion Elacit 710, a cap sensitive explosive. Emulsion explosives are water-resistant explosives with relatively high detonation speed. ANFO type explosives are with diesel oil. The main component of these types of explosives is granulated ammonium nitrate.

The conducted comprehensive laboratory tests have confirmed that all three types of explosives admitted for civil use in Bulgaria are fully compliant with the requirements for thermal stability of explosives as set out by the normative documents after 48 hours in an heating chamber at 75 ± 2 °C.

Въведение

Прахообразните амониево-селитрени експлозиви Амонит 6, Амонит 6 ЖВ и Лазарит и емулсионния експлозив Елацит 710 са едни от най-употребяваните при извършване на взривни работи по метода на взривните дупки в подземни условия без рудници опасни по газ и прах. Нафтоселитрените експлозиви от II – ри клас са грубодисперсни и се употребяват при сондажно взривяване и механизано зареждане в подземни рудници и обекти, както и в открити обекти по метода на сондажно взривяване.

С приемането на България в Европейския съюз се преустановява действието на българските държавни стандарти за производство и изпитване на експлозиви за граждански цели. Основните изисквания към експлозивите за граждански цели са дадени в Директива 93/15 от 15 април 1999г. за хармонизиране на изискванията към експлозивите за граждански цели. В изпълнение на тази Директива от Европейския съвет по стандартизация CEN

са разработени 16 броя стандарти, които са приети и като БДС.(Директива 93/15 на ЕЕС))

Един от основните параметри гарантиращ безопасна и надеждна работа с експлозивите предназначени за граждански цели е топлинната устойчивост разгледана в БДСЕН 13631-2.(Камбурова 2007, Камбурова 2008))

Досега в България са извършени изследвания за топлинната устойчивост на предохранителните прахообразни експлозиви, грубодисперсните тротилосъдържащи амонити, водонапълнените и емулсионни експлозиви, както и на вторичните бездимни пироксилинови и нитроглицеринови барути.

Съгласно действащият стандарт БДСЕН 13857-3:2002 се изисква задължително да се посочи температурния интервал, в който може да се използва даден експлозив, както и максималната температура, в която същият може да престои в продължение на определени часове.

1. Видове прахообразни амониево-селитрени, емулсионни и нафтоселитрени експлозиви от II –ри клас и основни свойства

Прахообразните експлозиви са амониево-селитрени и са сенсibiliзирани с тринитротолуол. Експлозивите Амонит 6 и Амонит 6 ЖВ са механични смеси от прахообразен амониев нитрат и прахообразен тринитротолуол. Експлозивът Лазарит освен това съдържа и течни и прахообразни енергийни добавки. При тези експлозиви проблемен при топлинната устойчивост е тринитротолуолът с точка на топене 80 °С.

Емулсионният експлозив Елацит 710 представлява водно – маслена емулсия на амониевия нитрат сенсibiliзиран с микробалони, аератори и смоли.

Допуснатите до употреба нафтоселитрени експлозиви от II – ри клас представляват смеси от различни видове гранулирана и кристална амониева селитра и дизелово гориво. Нафтоселитрените експлозиви се произвеждат с различни марки, като АНФО-Л, Динолит и др.

На таблица 1 са дадени основните параметри на прахообразните амониево-селитрени, емулсионни и нафтоселитрени експлозиви .(Камбурова 2008)

По досега действащите стандарти за производството на прахообразните, емулсионните и нафтоселитрени експлозиви температурният интервал е от плюс 50 до минус 35 °С, което не отговаря на новите европейски изисквания за топлинна устойчивост на експлозивите за граждански цели.

2.Метод на изследване

Изследванията за определяне на топлинната устойчивост на прахообразните, емулсионни и нафтоселитрени експлозиви са извършени в съответствие с БДС EN 13631-2.

За целта се използва нагревателна камера, в която се поддържа температура от 75±2 °С. Нагревателната камера трябва да има дублирани терморегулатори или други средства за защита срещу излизане на температурата извън контрол, ако управляващият термостат откаже да работи нормално.

Таблица 1

Основни параметри на прахообразни, емулсионни и нафтоселитрени експлозиви

Компоненти и показатели	Амонит 6	Амонит 6 ЖВ	Лазарит	Елацит 710	АНФО-Л
1.Химичен състав,%					
-амониева селитра	79±1,5	79±1,5	80,5±1,5	-	92,5 ±1,5
-тротил	21±1,0	21±1,0	18±1,0	-	-
-вретено масло(дизелово гориво)	-	-	0,2-0,5	-	7,5±0,5
-дървесно брашно	-	-	0,95-0,98	-	-
2.Разчетни показатели					
-кислороден баланс, %	+0,26	+0,26	+0,31	0	минус 7,1
-топлина на взрива, kJ/kg	4187	4187	4200	-	4050
3Технически експериментални показатели					
-плътност на патроните,g/cm ³	0,97-0,99	0,97-0,99	0,97-0,99	1,10-1,22	-
-насыпна плътност, g/cm ³	-	-	-	-	0,75-0,95
-съдържание на влага,%	0,5	0,5	0,5	-	до 0,8
-критичен диаметър,mm	10	10	10	14	70
-стабилен диаметър, mm	20	20	20	25	90
-ситов състав	30	30	30	-	-
-остатък на сито 0,20mm не ≥, %	340	370	340	-	-
-работоспособност по Трауцел,cm ³	14	14	14	-	-
-бризантност по Хес,mm	5	5	5	2-4	контактно
-предаване на детонация,cm	3,6-3,8	3,6-3,8	3,6-3,8	5,0-5,3	3,5-4,0
-скорост на детонация в km/s	не	не	не	да	не
-водоустойчивост	36	36	22	30	21,5
-токсични газове, l/kg	24	24	30	6	13,5
CO	60	60	52	36	35
NOx	193	193	215	69	109
ΣCO+NOx	12	12	12	3	3
Усл.CO					
-гаранционен срок, мес.					

Поради взривоопасния характер на изследването се препоръчва системата да бъде изолирана и да има възможност за дистанционно управление. Помещението следва да бъде с осигурена вентилация и взриво-безопасни електрически съоръжения. Взната за измерване на теглата следва да бъде с точност 0,1g. Използват се две стъклени тръби с плоско дъно и вътрешен диаметър $(50,5 \pm 0,5 \text{ mm})$, с дължина приблизително 150 mm и дебелина приблизително 3 mm. Стъклената тръба, използвана за поставяне на експлозива, трябва да бъде снабдена с устройство за затваряне и газонепроницаемо устройство с разрушаваща се част. (фиг. 1) Разрушаващият се диск следва да бъде калиброван при статично нанометрично налягане от 60 kPa или с устройство за непрекъснато измерване на налягането.

При изпитването са необходими еталонни материали със същото физично състояние, както изпитвания експлозив. Такива еталонни материали за прахообразните, емулсионните и нафтоселитрени експлозиви са например пясък или двуалуминиев триоксид с маса 300g.

За прахообразните, емулсионните и нафтоселитрени експлозиви, изпитваният образец е с обем от $(100 \pm 4) \text{ ml}$, като частиците са с големина до 4 mm. Изпитването за определяне на топлинната устойчивост на експлозивите е следното:

Поради това, че липсва информация за топлинното поведение на изпитваните експлозиви се извършва предварително изпитване с малко количество от порядъка на 5g. При това предварително изпитване се определя дали даденото вещество се взривява при температура $75 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Поради това, че съгласно стандарта за производство на изследваните прахообразни, емулсионни и нафтоселитрени експлозиви, температурният интервал за употреба е плюс $50 \text{ }^\circ\text{C}$ до минус $35 \text{ }^\circ\text{C}$ и неизвестността дали ще се получи взривяване при температура $75 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, се извърши предварително изпитване на всеки вид експлозиви поотделно с малки количества от по 5 g всеки. Установи се, че след престояване от 48 h при температура $75 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ не се получи реакция (взривяване) при изследваните проби. След предварителното изпитване, се започва стандартното изпитване.

За целта термокамерата се включва и се настройва на $75 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Празна стъклена тръба описана на фиг.1 се претегля, след което в нея се поставя изпитвания образец от експлозива. Пробата от експлозива се изсипва в тръбата, без да се уплътнява, като следва да изпълни долната част на тръбата до височина $50 \pm 1 \text{ mm}$, което осигурява обем на изпитвателния образец от $100 \pm 2 \text{ ml}$. След поставяне на пробата в стъклената тръба, тя се претегля отново, за да се определи масата на изпитвания образец и се установи плътността на зареждането му.

След тази подготовка, във втората стъкленница се поставя $100 \pm 2 \text{ ml}$ от избраното еталонно вещество, без да се претегля.

Плътността на пробата се определя по формулата :

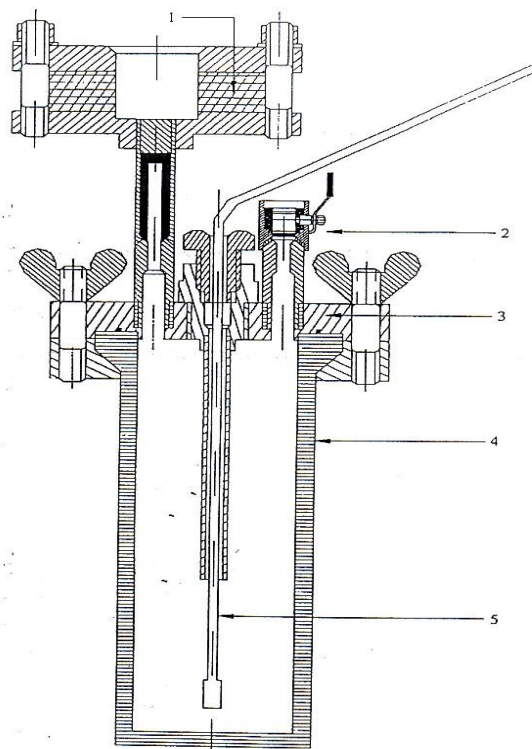
$$\rho = \frac{M}{V}, \text{ g/ml}$$

ρ - плътност на зареждане на пробата, g/ml

V - обем на изпитвания образец, ml

определя, след колко часа е настъпило взривяване или се е появил пламък, след колко време се е получило самонагриване или се е разрушил диска, кога налягането се е показало над 60 kPa и др и се записва, като резултат "реакция".

M - маса на изпитвания образец, g



Фиг. 1 Стъклена тръба със затварящо се устройство с разрушаващ се диск:

1-разрушаващ се диск; 2-изпускателен клапан; 3-затварящо устройство; 4-стъклена тръба; 5-термодвойка.

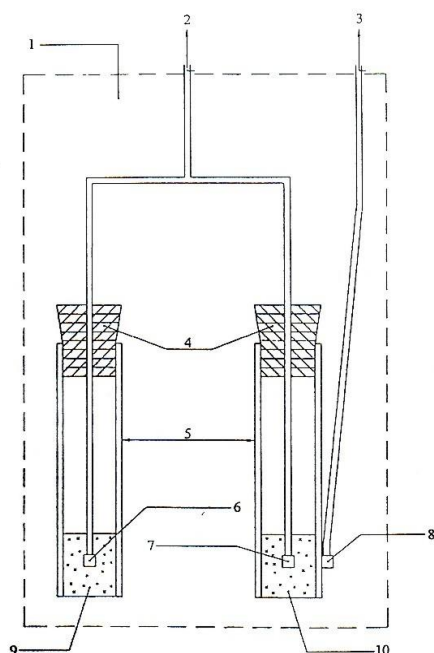
На фиг. 2 е даден блокът на изпитвателното устройство с двете стъклени тръби. В първата стъкленница с изпитвания експлозив, се поставя термодвойката T_1 . Проводниците се прокарват през затварящото устройство, като се следи предходната част на термодвойката да бъде в границите на 2 mm от центъра на изпитвания образец. При всеки един от изследваните експлозиви, се поставя термодвойката T_1 . Проводниците се прокарват през във веществото. Термодвойката T_2 се поставя по същия начин във втората стъклена тръба с еталонното вещество. Термодвойката T_3 определяща температурата в камерата се прикрепва, например с проводник към външната стена на втората стъклена тръба с еталонното вещество. Двете стъклени тръби с поставените термодвойки, следва да бъдат на 10cm и повече една от друга. Термодвойките се свързват към системата за записване на температурата, която се включва. След като изпитваният образец от експлозива и еталонното вещество са достигнали $75 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$,

се определя налягането и изпитването продължава до 48 ± 1 h, като се следи за следните явления:

- а) взривяване или пламък.
- б) освобождаване на газ и разрушаване на разрушаващия се диск или увеличаване на налягането над 60 kPa
- б) освобождаване на газ и разрушаване на разрушаващия се диск или увеличаване на налягането над 60 kPa.
- в) самонагриване на изпитваното вещество, с разлика в температурата над 3 °C в сравнение с еталонното вещество.

Ако се получи едно от посочените явления, изпитването се прекратява. Нагревателното устройство се изключва и след като се охлади се изучава съдържанието на изпитвания образец и устройството.

Ако няма на лице никоя от горните реакции, изпитването продължава до 48-мия h, след което камерата се изключва и след нейното охлаждане пробата от експлозива се изважда и се претегля, за да се установи получила ли се е някаква загуба на тегло. Ако при изпитването липсва реакция се определя, че експлозивът е устойчив на топлина и се записва като резултат "липса на реакция". В". В противен случай се



Фиг. 2 Схема на блока на изпитвателно устройство за определяне на топлинната устойчивост на експлозивите:

- 1-нагревателна камера; 2-проводници на термодвойки T_1 и T_2 ;
- 3-проводници до термодвойка T_3 ; 4-затварящи устройства;
- 5-стъклени тръби; 6-термодвойка T_1 ; 7-термодвойка T_2 ;
- 8-термодвойка T_3 ; 9-изпитван образец от веществото с обем 100 ml;
- 10-еталонно вещество с обем 100 ml.

3.Резултати от извършените изследвания

На всеки от петте експлозива са изследвани по три броя проби по описаната методика. На таблица 2 са дадени получените обобщени резултати.

От извършените изследвания се установи, че и трите марки прахообразни амониево-селитрени експлозива, както и емулсионния експлозив Елацит 710 и грубодисперсия нафтоселитрен експлозив АНФО Л издържат на теста за топлинна устойчивост. По време на изследванията се установи, че след престой на пробите от 48h в камера при температура $75 \pm 2^\circ\text{C}$

липсват посочените в изискванията явления, а именно:

- липса на взривяване или поява на някакъв пламък;
- липсва освобождаване на газ или увеличаване на налягането в стъкления цилиндър, като няма на лице разрушаване на системата;
- не се наблюдава самонагриване на изпитваните вещества с разлика в температурата на над 3°C .

Установи се, че пробите губят маса след престой в камерата от 48 h от 0,02 до 0,10g, което е незначително.

След изпитването всички проби се подложиха на външен оглед, при което се установи следното:

а) прахообразните експлозива Амонит 6, Амонит 6 ЖВ и Лазарит са спечени. Това се дължи на значителните количества прахообразен амониев нитрат в тези експлозива. Амониевият нитрат има няколко кристални модификации, които са стабилни при определени температурни граници. При нагриване амониевият нитрат преминава от една в друга модификация, което е съпроводено с изменение формата на кристалите и вследствие на това изменение на плътността им. Стабилни модификации се наблюдават при температурен интервал от минус 16 до $32,3^\circ\text{C}$, както и от $32,3$ до $85,1^\circ\text{C}$. Преминаването във втория температурен интервал по време на изпитването води до съответната прекристализация. Това явление се наблюдава и при марка Лазарит въпреки съдържанието на определено количество дървесно брашно.

б) при експлозива с марка Елацит 710 се установи отделяне на 5-6 капки водно-маслообразна течност на повърхността на пробата след изпитването. След темпериране до стайна температура отделената течност изцяло се акумулира от пробата, която придоби първоначалния си вид.

в) при нафтоселитрения експлозив с марка АНФО Л не се установи никакво отклонение във външния вид след изпитването на пробите. Не се наблюдава никакво сичане на смесите, като отделните зърна остават сипкави и без изменения.

Таблица 2

Топлинна устойчивост на прахообразни, емулсионни и нафтоселитрени експлозиви при температура $75 \pm 2^\circ\text{C}$

	Видове предохранителни експлозиви	Брой проби	Среден обем на пробите, ml	Средно тегло, g		Насипна плътност, g/ cm ³	Реакция	Загуба на маса, g
				преди	след			
1.	Амонит 6	3	100	77,19	77,17	77,19	Липсва	-0,02
2.	Амонит 6 ЖВ	3	100	80,05	80,01	80,05	Липсва	-0,04
3.	Лазарит	3	100	79,60	79,57	79,60	Липсва	-0,03
4.	Елацит 710	3	100	120,57	120,47	120,57	Липсва	-0,10
5.	АНФО Л	3	100	95,10	95,08	95,10	Липсва	-0,02

4. Основни изводи

От извършените изследвания могат да се направят следните основни изводи:

1. Съгласно изискванията на Европейския съюз експлозивите за граждански цели трябва да издържат на температура $75 \pm 2^\circ\text{C}$ в продължение на 48 h без появата на каквато и да е било реакция (взрив или пламък, самонагриване, отделяне на газове и увеличаване на налягането и др.) Това изискване е дадено в новия стандарт БДС EN 13631-2.

2. Температурната устойчивост на експлозивите съгласно изискванията на стандарт БДС EN 13857 – 3 следва задължително да се предоставят от производителите на потребителите на експлозиви, като се посочва температурния интервал, в който може да се използва съответния експлозив, както и максималната температура, при която същият може да се използва в продължение на определени часове. С посочените данни за топлинна устойчивост следва да се гарантира безопасна и безаварийна работа с допуснатите до употреба експлозиви.

3. Прахообразните амониово-селитрени експлозиви сенсibiliзирани с тринитротолуол допуснати до употреба у нас са с марки Амонит 6, Амонит 6 ЖВ, Лазарит. Емулсионния експлозив с марка Елацит 710 представлява водно-маслена емулсия на амониовата селитра сенсibiliзиран с микробалони, аератори и смоли, а нафтоселитрения експлозив с марка АНФО Л представлява смес от различни видове гранулиран и кристален амониов нитрат и дизелово гориво. Съгласно техническите спецификации за производство те се допускат за работа при температурен интервал от плюс 50 до минус 35°C . Този температурен интервал не отговаря на новите изисквания на ЕС за топлинна устойчивост.

4. От извършените изпитвания се установи, че допуснатите до употреба прахообразни амониово-селитрени експлозиви с марки Амонит 6, Амонит 6 ЖВ и Лазарит, емулсионен експлозив с марка Елацит 710 и нафтоселитрен експлозив с марка АНФО Л от клас втори за подземни и открити взривни работи издържат на изискването за топлинна устойчивост, като след престояване при $75 \pm 2^\circ\text{C}$ в продължение на 48 h, липсва каквато и да е

било реакция по изискванията на ЕС. Установи се минимална загуба на маса от 0,02 до 0,10g. Изпитваните прахообразни амонити се спичат, което се дължи на свойствата на амониовия нитрат. При емулсионния експлозив се получава отделяне на капки водно-маслена емулсия, които след темпериране се акумулират в сместта. Нафтоселитрения експлозив с марка АНФО Л остава без каквито и да е изменения.

5. Въз основа на получените резултати от извършените изследвания, компетентните оторизирани органи в страната следва да изискат коригиране на действащите стандарти и технически спецификации за производство на експлозивите от II-ри клас, в частта им за температурния интервал, който следва да отговаря на изискванията на БДС EN 13631-2 за топлинната им устойчивост при температура $75 \pm 2^\circ\text{C}$ в продължение на 48 h.

6. Потребителите следва да изискват задължително вписване на топлинната устойчивост на експлозивите от II-ри клас, като задължителна информацията подавана от производителите.

Литература

- БДС EN 13631-2 Експлозиви за граждански цели.
Определяне на топлинната устойчивост на експлозивите
БДС EN 13857 – 3 2002 Експлозиви за граждански цели – част 3: Информация, която трябва да се представи на потребителя от производителя или от негов упълномощен представител.
Европейска Директива 93/15 ЕЕС от 15 април 1993г. за хармонизиране на изискванията за продажба и контрол на експлозивите за граждански цели
Камбурова Г. 2008 Изследване топлинната устойчивост на предохранителните експлозиви, *Годишник на МГУ, „Св. Ив. Рилски“*, т. 51
Камбурова Г. Изследване топлинната устойчивост на грубодисперсните амониово-селитрени експлозиви експлозиви, *сп. „Експлозив“*, бр. 6, С 2008.
Камбурова Г., Изследване на топлинната и устойчивост на емулсионни и водонапълнени експлозиви, *сп. Експлозив*, бр. 7 С. 2008
Камбурова Г. 2007 *Взривни явления и експлозиви*, изд. къща МГУ „Св. И. Рилски“, С

Препоръчана за публикуване от Катедра "Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи", МТФ