

УДК 621.762

Т.О. Єпіфанцева, М.А. Самокіш, О.В. Власова*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України***ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС КОМПЛЕКТАЦІЇ ТА МЕТОДИКА СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ КУМУЛЯТИВНИХ ЗАРЯДІВ З ПОРОШКОВОЮ ВОРОНКОЮ**

В роботі розроблено технологію збирання кумулятивних зарядів з порошковою воронкою та технологічний процес спорядження комплектуючих заряду.

Встановлено, що режими виготовлення кумулятивних зарядів оснащених порошковою воронкою передбачають розробку та оптимізацію технологічних операцій: наявність компаунда між воронкою і вибуховою речовиною (ВР); особливості запресування воронки в корпус заряду; режими виготовлення ВР заданої щільності.

Стендові випробування кумулятивних зарядів з порошковою воронкою гетерогенного складу показали залежність глибини пробиття від величини фокусної відстані до перешкоди для певного типу кумулятивного заряду.

Ключові слова: кумулятивний заряд, порошкова воронка, методика, стендові випробування.

Табл. 2. Рис. 3. Літ. 5.

Т.А. Епифанцева, Н.А. Самокиш, О.В. Власова**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС КОМПЛЕКТАЦИИ И МЕТОДИКА СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ КУМУЛЯТИВНОГО ЗАРЯДА С ПОРОШКОВОЙ ВОРОНКОЙ**

В работе разработана технология сборки кумулятивных зарядов с порошковой воронкой и технологический процесс снаряжения комплектующих зарядов.

Установлено, что режимы изготовления кумулятивных зарядов оснащенных порошковой воронкой предусматривают разработку и оптимизацию технологических операций: наличие компаунда между воронкой и взрывчатым веществом (ВВ) особенности запрессовки воронки в корпус зарядов; режимы изготовления ВВ заданной плотности.

Стендовые испытания кумулятивных зарядов с порошковой воронкой гетерогенного состава показали зависимость глубины пробития от величины фокусного расстояния до преграды для определенного типа кумулятивного заряда.

Ключевые слова: кумулятивный заряд, порошковая воронка, методика, стендовые испытания.

T.A. Epifantseva, M.A. Samokish, O.V. Vlasova**TECHNOLOGICAL PROCESS OF COMPLETING AND METHODOLOGY OF STANDING TESTS OF CUMULATIVE CHARGE WITH POWDER FUNNEL**

The work has developed the technology of assembling shaped charges with a powder funnel and the technological process of equipping charge components.

It has been established that the modes of manufacturing shaped charges equipped with a powder funnel provide for the development and optimization of technological operations: the presence of a compound between the funnel and the explosive is a feature of pressing the funnel into the charge body; modes of manufacture of explosives of a given density.

Bench tests of shaped charges with a powder funnel of heterogeneous composition showed the dependence of the penetration depth on the magnitude of the focal distance to the obstacle for a certain type of shaped charge.

Recommendations for the production of high-performance cumulative charges with a powder funnel are developed:

- the modes of manufacturing the charge in accordance with the technological instruction should ensure the preservation of the initial characteristics of the funnel material;

- after collecting the charge, it is not allowed to create cracks on the surface of the powder funnel and in the volume of the explosive substance;

- the absence of air gaps between the funnel and the explosive substance, shell and explosive.

The tests allowed to create a method for determining the quality of the material of the powder funnel and the shell of a cumulative charge.

Keywords: shaped charge, powder funnel, technique, bench tests.

Вступ. Створення в Україні виробництва кумулятивних зарядів за допомогою вітчизняних вчених призвело до необхідності вирішення багатьох технологічних завдань, пов'язаних з відробленням технології виготовлення виробів на відповідність вимогам технічних умов (ТУ) на заряд.

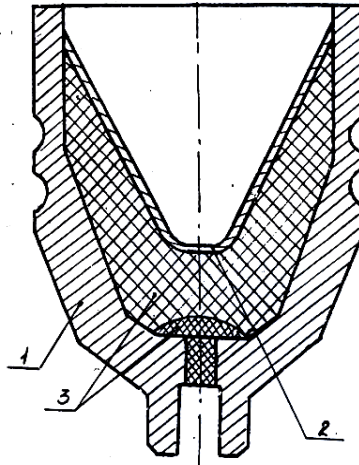
Технологічний процес виготовлення зарядів з порошковою воронкою передбачає ряд особливостей при збиранні комплектуючих, які впливають на параметри пробиття перешкоди. Режими виготовлення кумулятивних зарядів оснащених порошковою воронкою передбачають розробку та оптимізацію технологічних операцій:

– наявність компаунда між воронкою і вибуховою речовиною (ВР);

– особливості запресування воронки в корпус заряду;

– режими виготовлення заданої щільності ВР.

В зв'язку з наявністю у порошкової воронки меншої щільності ніж у штампованих литих матеріалів, технологічна інструкція по спорядженню заряду має свої особливості. Присутність в готовому кумулятивному заряді: повітряного простору між ВР та воронкою; недопресування ВР в області підведення детонатора може призвести до відмови дії кумулятивного заряду. Особливість застосування порошкової воронки гетерогенного складу на основі міді, полягає в утворенні пробитих каналів без наявності монолітного песту, що закупорює пробитий отвір [1].



1 – оболонка (корпус), 2 – воронка, 3 – вибухова речовина

Рис. 1. Ескіз кумулятивного малогабаритного заряду з порошковою воронкою гетерогенного складу на основі міді.

Метою роботи є оптимізація параметрів технологічного процесу виготовлення кумулятивних зарядів з порошковою воронкою, що забезпечують відповідні технічні характеристики готового виробу. Розробити методику стендових випробувань кумулятивних зарядів.

Об'єкт та методи дослідження. При розробці технології збирання малогабаритних кумулятивних зарядів з порошковою воронкою, був виконаний ряд експериментальних досліджень та випробувань. Режими технологічного процесу спорядження кумулятивного малогабаритного заряду відпрацьовувалися на комплектуючих (порошкова воронка і стальна оболонка), виготовлених відповідно до вимог креслення на заряд.

Експериментальні випробування проводили на кумулятивному заряді якій мав наступні характеристики: діаметр сталевго корпуса 67 мм, кут конуса порошкової воронки $\alpha = 59^\circ$, товщина стінки порошкової воронки гетерогенного складу на основі міді – 1,4 мм, щільність ВР $1,68 \text{ г/см}^3$. За рахунок використання порошкової воронки, виготовленої за схемою формування складними пуансонами [2], у виробі забезпечується різна щільність матеріалу вздовж твірної. Такий розподіл щільності, структури та накопиченій деформації матеріалу забезпечують відсутність песту у пробитих каналах та збільшення глибини пробиття на 20 % у порівнянні із литою мідною воронкою [3].

При постановці і проведенні експерименту передбачалося виконання незмінних умов: використання ВР одного складу; геометрії комплектуючих; прес-інструменту комплектуючого спорядження.

При відпрацюванні технології спорядження та методики стендових випробувань досліджували малогабаритні кумулятивні заряди виготовлені за різною технологічною схемою та параметрами пресування [4].

При розробці методики стендових випробувань малогабаритних кумулятивних зарядів з порошковою воронкою, розташування зарядів відносно пакету сталевих пластин товщиною 20 мм проводили у різних варіантах фокусної відстані, рис. 2, табл 1.

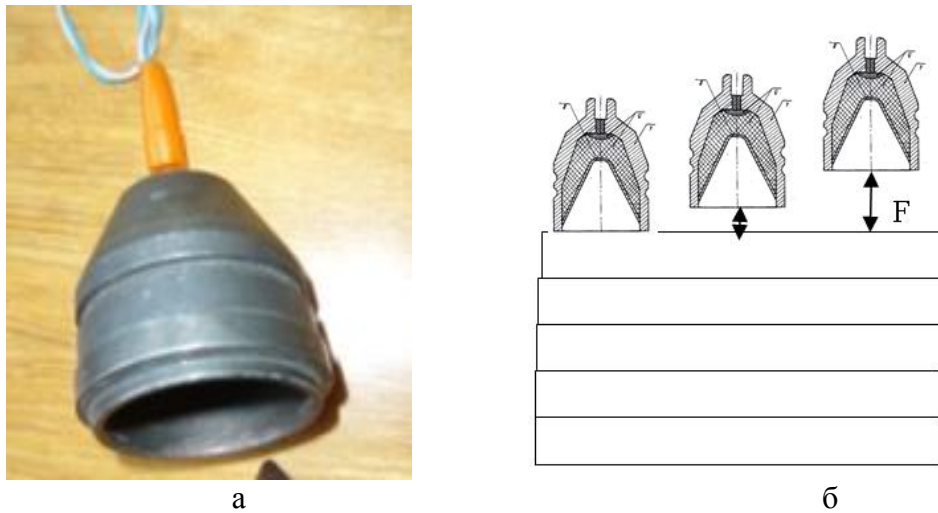


Рис. 2. Стендові випробування модельного заряду (а) з воронкою гетерогенного складу (б): F – фокусна відстань.

Ефективність дії зарядів визначалася за результатами пробиття: діаметр вхідного отвору і глибини проникнення, табл. 1 – 2.

Обговорення результатів. Візуальне вивчення змін поверхні порошкової воронки після поетапного проведення технологічних операцій збирання комплектуючих до заряду засвідчило, що після розпресування порошкової воронки пресом-інструментом в корпус заряду на її поверхні з'являються тріщини розміром 3 – 7 мм. Параметри пробиття перешкоди зарядами, оснащеними воронками за такою технологією зборки, складають середнє значення: діаметр пробитого каналу $d_{cp} = 17,5$ мм, глибина пробитого каналу $L_{cp} = 85,5$ мм.

Проведення збирання кумулятивних зарядів з порошковою воронкою за режимом технологічного процесу, що передбачає фіксацію воронки з ВР без утворення тріщин на її поверхні, показало параметри пробитого каналу сталеві перешкоди: $d_{cp} = 20$ мм, $L_{cp} = 108$ мм.

Попередні дослідження пробиття малогабаритних кумулятивних зарядів показали вплив різних показників, наприклад, підрив зарядів $d_3 = 42$ мм, при фокусній відстані $F = 3 \cdot d_3$, і детонаційному впливі ВР (склад: ТНТ/гексоген в співвідношенні – 1 : 1) дає глибину пробиття $L = 100$ мм, при цьому відносна глибина проникнення $L/d_3 = 3,2$. При збільшенні фокусної відстані – $F = 6 \cdot d_3$ (всі інші умови незмінні) відносна глибина проникнення зменшується до величини $L/d_3 = 2,8$. При використанні більш потужного ВР (ТНТ/октоген – 1 : 3), в тому ж заряді, оптимальна фокусна відстань може бути збільшена до $F = 4 \cdot d_3$, при цьому отримали відносну глибину проникнення $L/d_3 = 3,8$.

У ході експериментальних досліджень встановлений вплив величини фокусної відстані на параметри пробиття малогабаритних кумулятивних зарядів, оснащених порошковою воронкою на основі міді ($d_{гор.} = 31$ мм, $\alpha = 75^\circ$).

Стендові випробування модельних кумулятивних зарядів з порошковою воронкою гетерогенного складу проводили для воронки різної геометрії та ваги: 1 – $m_b = 10$ г, $d_b = 31$ мм, $\alpha = 75^\circ$, 2 – $m_b = 12$ г, $d_b = 34$ мм, $\alpha = 60^\circ$, 3 – $m_b = 23$ г, $d_b = 37$ мм, $\alpha = 59^\circ$. За результатами досліджень було означено особливості технології спорядження та рекомендації для створення методики випробувань кумулятивних зарядів з порошковою воронкою.

В роботі були проведені дослідження з впливу технологічних параметрів ВР на характеристики пробиття при проведенні стендових випробувань. Відомо, що геометричні розміри заряду знаходиться у прямої залежності від діаметра шашки ВР та кута кумулятивної виїмки [5]. Для спорядження модельного кумулятивного заряду проводили розрахунки його габаритів, зокрема, шашки ВР з проміжним більш потужним детонатором (рис. 3, 3), які відрізняються співвідношенням ваги у межах 3 – 5 % від ваги шашки заряду (H) рис. 3.

Шашка вибухової речовини (ВР) має діаметр D ; D_0 – діаметр кумулятивної воронки; 2α – величина кута кумулятивної воронки; H – загальна висота шашки ВР; h – висота циліндричної частини шашки ВР; d_{xb} – діаметр хвостової частини.

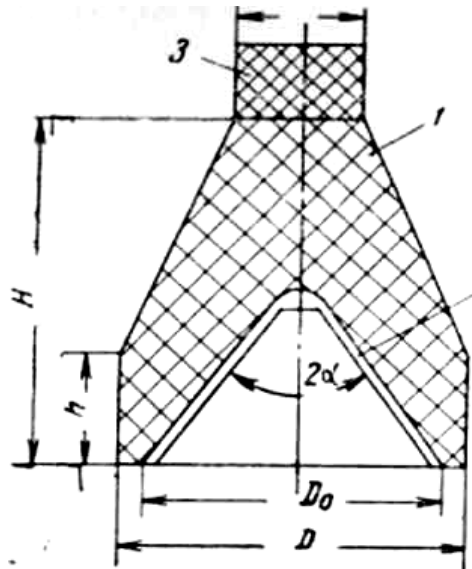


Рис. 3. Ескіз шашки ВР для розрахунку кумулятивних зарядів з порошковою воронкою

Виходячи з діаметра шашки ВР (D) та кута кумулятивної воронки 2α можливо розрахувати розміри кумулятивного заряду відповідно наступним рівнянням:

- діаметр кумулятивної воронки $D_0 = (0,92 - 0,94) D$,
- діаметр хвостової частини $d_{хв} = (0,3 - 0,365) D$,
- загальна висота шашки ВР $H = 0,625 \cdot D \left(1 + \frac{0,5}{\operatorname{tg} \alpha}\right)$,
- висота циліндричної частини у основі шашки ВР

$$h = \frac{0,47 D}{3 \operatorname{tg} \alpha}$$

В цьому випадку об'єм шашки визначається за формулою:

$$V = 0,25 \cdot D^3 \left(1 + \frac{0,5}{\operatorname{tg} \alpha}\right)$$

Дані співвідношення розмірів дозволяють правильно підібрати компоненти зарядів для кумуляції та забезпечити високу енергію кумулятивного струменя і більш економне використання ВР.

Використовуючи однакову схему формування були виготовлені порошкові воронки з різними геометричними розмірами табл. 1.

Таблиця 1

Геометричні параметри порошкових воронкок гетерогенного складу на основі міді

Номер заряду	Діаметр воронки, мм	Кут воронки	Вага воронки, г
1	31	75	10
2	34	60	12
3	37	59	23

Було встановлено, що з ростом діаметра порошкової воронки та зменшенням кута конуса маса воронки зростає.

При розрахунках очікуваної глибини пробиття кумулятивного заряду з порошковою воронкою необхідно враховувати характеристику матеріалу (не тільки питому вагу), а ще структуру, щільність, розташування компонентів суміші.

При відпрацюванні методики стендових випробувань на пробиття та фокусну відстань використовували кумулятивні заряди з порошковою воронкою гетерогенного складу однакової геометрії, ваги та структури матеріалу, комплектації і схеми зборки заряду (табл. 2).

Проведені стендові випробування дозволили визначити оптимальну фокусну відстань відносно пакета пластин при якій досягаються найбільш високі показники пробиття.

Таблиця 2

Результати стендових випробувань на пробиття кумулятивного заряду номер 1 (табл. 1) з порошковою воронкою

Показники	$F = 0$ мм		$F = 15$ мм		$F = 25$ мм	
	$d_{в.о.}$	L	$d_{в.о.}$	L	$d_{в.о.}$	L
Середнє значення	18,3	31,3	22	22,6	14,3	78,3

F – фокусна відстань, мм; $d_{в.о.}$ – діаметр вхідного отвору, мм; L – глибина пробиття, мм.

Випробування кумулятивних зарядів з порошковою воронкою гетерогенного складу показали залежність глибини пробиття від величини фокусної відстані до перешкоди для певного типу кумулятивного заряду. Кращі показники пробиття отримані при фокусній відстані – 25 мм.

Аналіз результатів, який приведений в таблиці 2 показав, що при розробці технічних умов на заряд (в розділі методика випробувань) для ефективності перевірки працездатності заряду на приймальних стендових випробуваннях необхідно враховувати реальні умови експлуатації заряду.

Аналіз результатів пробиття перешкоди (пакету пластин) в залежності від стану поверхні порошкової воронки, після проведення технологічної операції спорядження її в оболонку заряду дозволили розробити рекомендації з урахуванням виробничих потужностей підприємства виробника.

Проведені дослідження дозволили розробити методику випробувань кумулятивних зарядів з порошковою воронкою з гетерогенного матеріалу.

Висновки. Розроблено рекомендації по виготовленню високоєфективних кумулятивних зарядів з порошковою воронкою:

- режими виготовлення заряду згідно технологічній інструкції повинні забезпечувати збереження початкових характеристик матеріалу воронки
- після збирання заряду не допускається утворення тріщин на поверхні порошкової воронки і в об'ємі ВР,
- відсутність повітряних зазорів між воронкою та ВР, корпусом і ВР.

Проведені випробування дозволили створити методику визначення якості матеріалу порошкових воронок та оболонки кумулятивного заряду.

1. Сердюк Г.Г., Епифанцева Т.А., Державец Л.И. Применение порошкового материала для нефтяных и газовых скважин//Порошковая металлургия. – 1990. – № 4. – С. 38-42.
2. Епифанцева Т.О. Вплив схеми ущільнення порошкових композицій гетерогенного складу на формування структури неспечених пресовок конусної форми//Наукові нотатки. Зб. наук. ст. ЛДТУ. – Вип. 20. – Луцьк, ЛТДУ. – 2011. – С. 73-89.
3. Епифанцева Т.О. Експериментальний і теоретичний аналіз розподілу щільності порошкового гетерогенного матеріалу в пресовках конусної форми//Наукові нотатки. Зб.наук.ст. ЛДТУ. – Вип. 18. – Луцьк, ЛТДУ. –, 2009. – С. 129-137.
4. Епифанцева Т.А. Экспериментальный и теоретический анализ распределения плотности порошкового гетерогенного материала в пресовках конусной формы// Наукові нотатки. Зб.наук.ст. ЛДТУ, Вип. 16. – Луцьк, ЛТДУ. – 2007. – С. 179-189.
5. Андреев С.Г., Бабкин А.В., Баум Ф.А. и др. Глава 17. Кумуляция//Физика взрыва/Под редакцией Л. П. Орленко. - издание 3-е, переработанное и дополненное. - М.: Физматлит, 2004. – Т. 2. – С. 193-350. – 656 с.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2019