

ВИСОКОШВИДКІСНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Першою теоретичною роботою, в якій описано основні явища підводного вибуху в їх реальній послідовності та визначено основні фізичні закони процесу, є монографія Р. Коула [3]. Ю.С. Яковлев розглянув загальні закономірності поширення ударних хвиль, вибух у безмежному середовищі, краєві задачі теорії вибуху та основні питання проблеми зовнішніх сил за повітряного та підводного вибухів [4]. Теорію гідровибухового штампування найбільш повно викладено в монографії науковців МВТУ ім. Баумана [5].

В даній роботі розглянуто такі фізичні явища: вибух у воді; навантажування заготовки; швидкісне її деформування; багаторазове ударне навантажування оснащення та ін.

ВР, передатні середовища, заготовки та типи матриць, застосовувані при вибуховому штампуванні, можна класифікувати, взявши за основу чотири основних елементи, що характерні для будь-якого виду листового штампування (рис. 3).

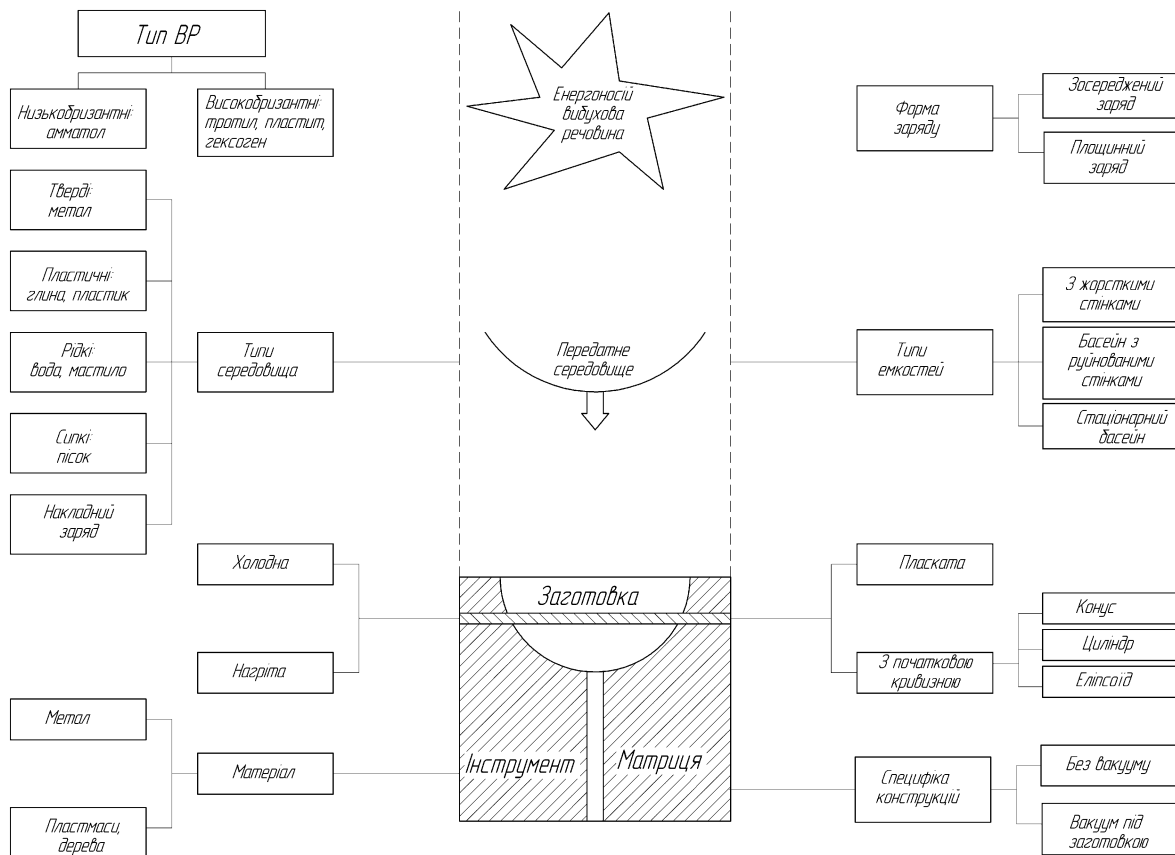


Рис. 1. Класифікація схем вибухового штампування

Вибухом називається така хімічна реакція в речовині, в результаті якої вона за короткий проміжок часу перетворюється в газ за дуже високих температур та тиску. Температура газів досягає близько 3000°C, а тиск 50000 атм.

Найпоширенішими енергоносіями є конденсовані БВР, які випускаються у вигляді порошку, пресованих брикетів, литих зарядів різної форми, еластичних листів, шнурів тощо.

Бризантність (від франц. *brizant* – той, що подрібнює) – це здатність ВР виконувати при вибуху місцеве подрібнення середовища, яке дотикається до заряду. До ВР ставляться такі вимоги:

- безпечність у поводженні з ними;
- стабільність вибухових властивостей;
- висока швидкість вибухової реакції;
- висока питома теплота вибуху;
- простота ініціювання вибуху;
- водостійкість;
- невисока вартість.

Вимоги, що ставляться до середовища:

- доступність і максимальна спрощеність налагодження та ведення процесу;

- низька вартість;
- можливість повторного використання.

Цим вимогам найбільш відповідає вода.

У зв'язку з тим, що густина води перевищує густину повітря більш ніж у 700 разів, при вибуху під водою практично виключене розлітання скалок, що дозволяє значно підвищити безпечність роботи. Початковий тиск ударної хвилі підводного вибуху у 100 разів перевищує початковий тиск ударної хвилі повітряного вибуху. Крім того, підводна хвиля практично не заломлюється у повітряну ударну хвилю, оскільки акустичний опір води у 3500 разів більший, ніж повітря.

Речовини, котрі здатні за певних умов до дуже швидкого самопоширюваного хімічного перетворення з виділенням тепла й утворенням газів, є вибуховими. Наприклад, 1 кілограм ВР середньої потужності вивільнює при вибуху за час 10^{-5} с близько $4 \cdot 10^3$ кДж теплової енергії.

Вибухові речовини можуть бути або в сконденсованому вигляді, або у вигляді газів та розпорошених часток твердих та рідких речовин у газах. Сконденсовані ВР характеризуються великою концентрацією енергії в одиниці об'єму. У поєднанні з великою швидкістю процесу це дозволяє отримати величезні потужності. Так в заряді з 1 кг гексогену об'ємом 0,6 л та теплою вибуху 5,414 Дж (1300 ккал) детонація може відбутися за 10 мкс, що відповідає потужності 500 млн. кВт (у десятки разів більше потужності електростанції).

Кожна ВР характеризується показниками бризантності та фугасності. Поблизу від заряду найбільш суттєво діє бризантність ВР, а далі від нього – фугасність. Тиск, що розвивається при детонації і визначає бризантність ВР,

залежить від щільності заряду та швидкості детонації. Фугасність чи працездатність ВР визначається теплотою, а також об'ємом газоподібних продуктів вибуху.

Крім перелічених показників ВР характеризуються хімічною та фізичною стійкістю (здатністю зберігати свої властивості в процесі підготовки, транспортування та зберігання), чутливістю до зовнішньої дії, яка визначається мінімальною кількістю енергії, необхідної для збудження вибуху.

Вибухові процеси поширюються шляхом горіння, детонації та вибуху. При цьому горіння протікає порівняно повільно (зі швидкістю, яка не перевищує кількох метрів на секунду), а детонація (поширення хімічного перетворення ВР з виокремленням теплоти, що протікає зі сталою швидкістю) перевищує швидкість звуку в даній речовині (у газових сумішах до 3500 м/с, в твердих та рідких ВР – до 9000 м/с).

Детонацію БВР здійснюють за допомогою детонаторів, що являють собою гільзу із запресованим в неї невеликим зарядом ініціюваної легко детонуючої ВР.

У табл. 3 подано основні відомості про промислові ВР, застосовувані для обробки металів вибухом [1].

З перелічених ВР найчастіше застосовуються амоніти – суміш аміачної селітри з нітросполуками (тротил, гексоген, тетрин та ін.). У даному випадку аміачна селітра виконує роль окислювача, а нітросполука використовується як пальне.

Таблиця 1.

Характеристики ВР, що застосовуються для обробки металів вибухом

ВР	Розрахункові характеристики		Експериментальні характеристики				
	Теплота вибуху, кДж/кг	Об'єм газів, 10^{-3} , м ³ /кг	Щільність 10^3 , кг/м ³	Працездатність 10^{-6} , м ³	Грубизна критичного шару 10^{-3} , м	Швидкість детонації 10^3 , м/с	Чутливість до удару, %
Амоніти АТ	3700... 3800	920...930	0,85... 0,9	270..285	10...20	1,5...3,8	8-24
Гексопласт ГП-87К	5024	-	1,45... 1,5	400...410	3...4	7...7,6	36- 54
Амоніт А-2	3770	915	0,85... 0,95	300...310	35...55	2,5...4,5	-

У загальному випадку поширення тиску і температури на поверхні відокремлення продуктів вибуху та навколишнього середовища в початковий момент часу довільне, оскільки характер реакції вибухового типу не залежить від властивостей навколишнього середовища.

При поширенні енергії вибуху в навколишньому середовищі утворюються поверхні, на яких стрибком змінюються гідродинамічні параметри рідини (тиск, густина, температура, швидкість руху часток) або їх похідні за часом і за відстанню. Такі поверхні називають поверхнями сильного чи слабого розриву.

Якщо на поверхні сильного розриву стрибком змінюється тиск і нормальна складова вектора швидкості потоку рідини, то така поверхня називається нестационарною поверхнею сильного розриву чи фронту ударної хвилі.

У тому випадку, коли тиск і нормальна складова швидкості по обидва боки від поверхні розриву однакові, але стрибком змінюються густина та температура, то таку стаціонарну поверхню сильного розриву називають поверхнею газової бульбашки.

Основною задачею теорії вибуху є вивчення неусталеного руху рідини між двома крайовими поверхнями – фронтом ударної хвилі та поверхнею газової бульбашки.

Для визначення основних характеристик ударної хвилі розглянемо поширення вибуху в необмеженому об'ємі рідини. Першим етапом розвитку вибуху є детонація заряду ВР. При виході фронту детонаційної хвилі на поверхню розмежування заряд – рідина продуктами вибуху починає поширюватися хвиля розвантаження, яка проникаючи в зону хімічної реакції, гальмує процес розкладу ВР.

Розглянуто три високошвидкісних методи обробки металів тиском: штампування вибухом, електрогідравлічне штампування і гідрударна обробка металів.

Визначені головні переваги цих методів: висока швидкість деформування, спрощене оснащення та універсальність.

Вказані недоліки запропонованих високошвидкісних методів обробки металів тиском:

- підвищені вимоги по техніці безпеки;
- низький рівень вивченості процесу;
- недоцільність використання при крупносерійному виробництві.

Намічені шляхи підвищення ефективності цих методів.

Література

1. Шамарін Ю.Є. Спеціальні методи обробки металів тиском / Ю.Є. Шамарін, С.С. Коваленко, Л.Т. Кривда та ін. – К: НМК ВО, 1992. – 208 с.
2. Чачин В.Н. Электрогидроимпульсионная обработка материалов в машиностроении / В.Н. Чачин, К.Н. Богоявленский, В.А. Вагин и др. – Минск: “Наука и техника”, 1987. – 231с.
3. Коул Р. Подводные взрывы: Перевод с англ. / Р. Коул. – М.: Изд-во иностр. лит., 1975. – 494 с.
4. Яковлев Ю.С. Основы гидродинамики взрыва / Ю.С. Яковлев. – Л.: ВМАКВ им. А.Н. Крылова. – 283с.
5. Штамповка взрывом: Основы теории / под ред. М.А. Анучина. – М.: Машиностроение, 1972. – 152с.