

## ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОГІДРАТІВ У ІМПУЛЬСНИХ СПОСОБАХ ФОРМОУТВОРЕННЯ

**СКРИПНИК О.В.**

*кандидат технічних наук, доцент,*

*доцент кафедри матеріалознавства і ливарного виробництва*

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

*м. Кропивницький, Україна*

**СВЯЦЬКИЙ В.В.**

*кандидат технічних наук, доцент,*

*доцент кафедри обробки металів тиском та спецтехнологій*

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

*м. Кропивницький, Україна*

На практиці широко використовуються високоенергетичні імпульсні способи формоутворення елементів конструкцій тиском ударної хвилі (вибухове штампування), які застосовуються в найрізноманітніших процесах обробки тиском: витяжці, листовому формуванні, формозміні трубчастих заготовок, вирубці і пробиванні отворів, різанні труб і прокату, об'ємному штампуванні, калібруванні і поверхневому зміцненні металу, пресуванні, зварюванні різнорідних металів, запресовуванні і розвальцьовуванні труб, різних складальних операціях тощо [1]. У суднобудуванні, де випускаються вироби із силовими установками на базі газотурбінних двигунів, імпульсна технологія при виготовленні листових деталей газового тракту і елементів з'єднання трубопроводів різних систем є безальтернативною.

Застосування високошвидкісних імпульсних методів обробки тиском є актуальним завдяки локалізації зони пластичної деформації оброблюваного матеріалу, зміні його фізико-механічних властивостей, забезпеченню можливості використання великого запасу енергії енергоносія при порівняно

невеликому його обсязі [2 – 5]. Для цього матриця із заготовкою укладається в резервуар з передавальним середовищем із невисокою акустичною твердістю (повітря, гума, вода, парафін, пісок тощо). Заряд з детонатором підвішують у передавальному середовищі, наприклад у воді, або над передавальним середовищем, наприклад над гумою, а також безпосередньо над заготовкою; при вибуху заряду енергія ударної хвилі передається через нестисливе середовище і, діючи на заготовку, деформує її, надаючи форму матриці.

Широке поширення одержала витяжка і формування матеріалів тиском повітря або рідини і вакуумом. При виробництві деталей таким методом матеріали, які герметично закріплені на формі, при необхідності нагріті до високоеластичного стану, під дією тиску повітря або рідини приймають форму готового виробу. При формуванні деталей з тонкостінних матеріалів тиск рідини може бути замінений тиском стисненого повітря або атмосферним тиском за рахунок створення вакууму між формою і матеріалом.

Перевагами зазначених способів штампування є:

- 1) висока економічна ефективність у результаті зниження капітальних витрат та скорочення термінів і вартості підготовки виробництва;
- 2) можливість штампування деталей з високоміцних і жароміцних сплавів;
- 3) отримання великогабаритних деталей малими серіями, для виготовлення яких використання пресів і штампів стає технічно неможливим і економічно недоцільним.

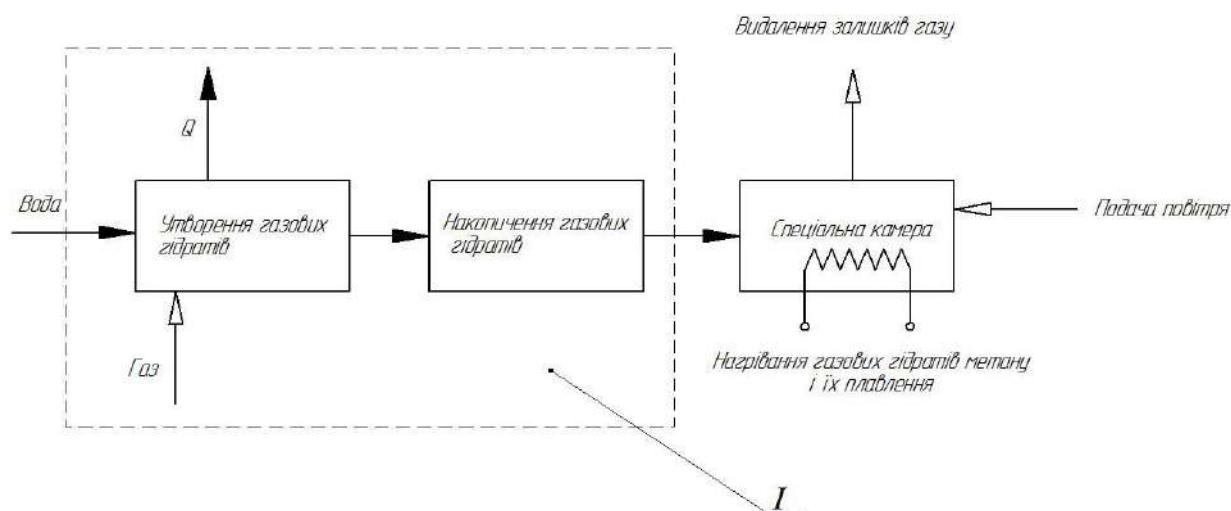
Незважаючи на переваги вибухового штампування такому способу отримання деталей притаманні і недоліки:

- 1) підвищена небезпека використання бризантних вибухових пристроїв; вибухові речовини підвищеної потужності (гексоген, тротил, пластид та інші) через їхню високу чутливість до зовнішніх впливів необхідно змішувати із флегматизаторами;
- 2) форма заряду визначається конфігурацією деталі, яка штампується, а також типом передавального середовища; при цьому для отримання якісних

великогабаритних виробів необхідно в резервуарі розміщувати одночасно декілька вибухових зарядів.

Запропоновано спосіб [6] вибухового штампування з метою підвищення безпеки та збільшення економічної ефективності технологічного процесу за рахунок використання замість чутливих до зовнішніх впливів бризантних вибухових речовин стабільних газових компонентів, застосування більш простого технологічного обладнання.

Пропонований нами спосіб виготовлення деталей шляхом вибухового штампування виробів здійснюється таким чином (рис. 1). Виготовляється матриця за формою виробу, на неї накладається заготовка і укладається в спеціальну камеру; над матрицею і заготовкою розміщують детонатор. Спеціальну камеру герметизують і вакуумують. Перед початком процесу вибухового штампування метан в реакторі переводиться в газогідрати при контакті з водою в замкненому об'ємі при температурі, яка не перевищує рівноважної температури і тиску гідратоутворення відповідного газу.



I – процеси утворення, накопичення газових гідратів метану відбуваються в одному пристрої – реакторі

Рис. 1 – Схема способу виготовлення деталей тиском ударної хвилі

В реакторі приводять в контакт метан і воду ( $1 \text{ м}^3 \text{ H}_2\text{O}$  у співвідношенні до  $141,5 \text{ м}^3 \text{ CH}_4$ ) під тиском  $p$  від  $0,1 \text{ МПа}$  до  $65,4 \text{ МПа}$  і температурі  $T$  від

273,1 К до 301,6 К, утворюють газогідрати із відведенням теплоти гідратуутворення  $Q$ .

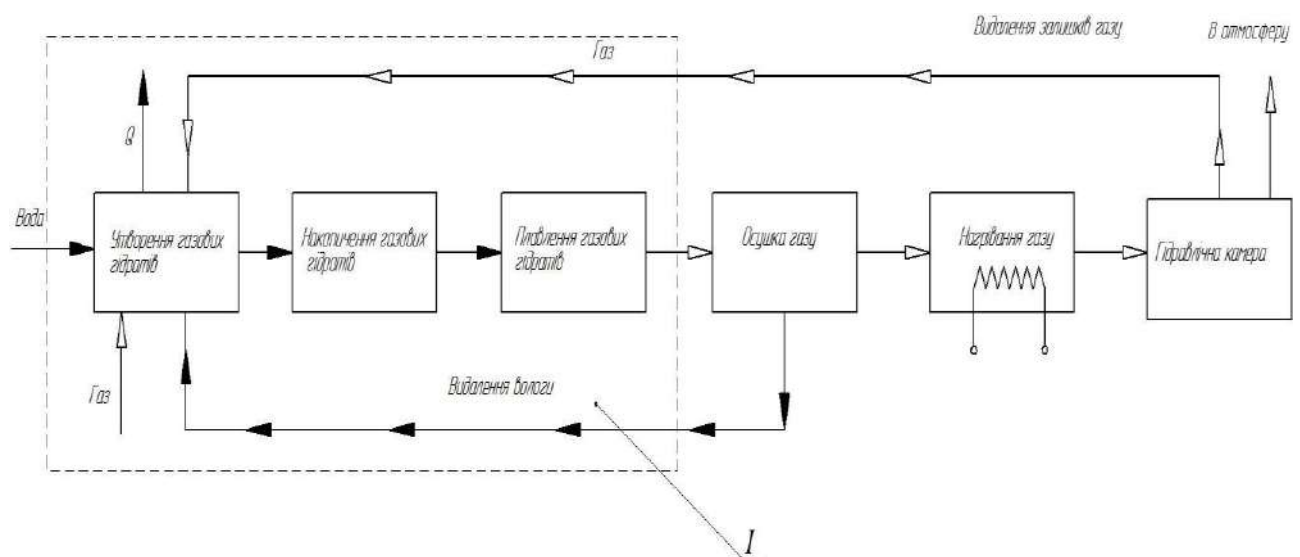
Утворені газові гідрати накопичують в реакторі до наперед визначеної кількості, після чого суміш, яка складається із гідратів метану і води ( $\text{CH}_4 \times 6\text{H}_2\text{O}$  – від 40 % до 60 % і  $\text{H}_2\text{O}$  – від 60 % до 40 %) направляють в спеціальну камеру, в якій відбувається їх підігрів та плавлення при температурі  $T$  від 278 К до 303 К з вивільненням води та газоподібного метану. Утворений газоподібний метан змішують з повітрям, яке подається у спеціальну камеру у оптимальній пропорції ( $\text{CH}_4$  – 10 %, повітря – 90 %) з утворенням вибухової суміші. Під дією детонатора утворена суміш вибухає. Енергія ударної хвилі рівномірно передається через передавальне середовище і, діючи на заготовку, деформує її, надаючи форму матриці. Залишки газової суміші видаляють з камери або в атмосферу, після чого виймають готовий виріб із спеціальної камери. Цикл повторюють.

Таким чином, при здійсненні запропонованого способу вибухового штампування виробів значно підвищується безпека технологічного процесу, зменшується собівартість виробів за рахунок скорочення капітальних витрат на установку.

Пропонований нами спосіб виготовлення деталей шляхом гідравлічного формування листових матеріалів [7] із використанням дешевого вуглекислого газу  $\text{CO}_2$  здійснюється таким чином (рис. 2). Листову заготовку закорковують у гідравлічній камері. Приводячи в контакт газ, наприклад двооксид вуглецю, і воду (у співвідношенні на  $1 \text{ м}^3 \text{ H}_2\text{O}$  приймають  $176,1 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$ ) під тиском  $p$  від 2 МПа до 4 МПа і температурі  $T$  від 275 К до 281 К, утворюють газогідрати із відведенням теплоти гідратуутворення  $Q$ . Утворені газові гідрати накопичують до наперед визначеної кількості в замкненому об'ємі, після чого проводять їхній підігрів та плавлення в цьому об'ємі при температурі  $T$  від 323 К до 363 К з вивільненням води та газоподібного двооксиду вуглецю при підвищенні його тиску  $p$  до робочого: від 40 МПа до 80 МПа.

Утворений газоподібний  $\text{CO}_2$  фільтрують і осушують. Далі двооксид вуглецю в спеціальній камері з наперед визначеним об'ємом нагрівають до температури  $T$  від 1473 К до 1673 К, при цьому його тиск  $p$  підвищується до 420 МПа.

Газ під високим тиском направляють на здійснення формування листового матеріалу в гідравлічну камеру, де через рідину тиск  $\text{CO}_2$  рівномірно передається на заготовку, завдяки чому проводиться процес пластичного формування листової заготовки на протязі технологічно обґрунтованого часу.



*I* – процеси утворення, накопичення газових гідратів відбуваються в одному пристрої

Рис. 2 – Спосіб виготовлення деталей гідравлічним формуванням

Після завершення пластичного формування знижують тиск у гідравлічній камері шляхом направлення більшої частини  $\text{CO}_2$  на повторне утворювання гідратів (біля 95 % від об'єму газу, використаного на утворення гідратів). Залишки газу видаляють з камери в окремий резервуар (або в атмосферу), після чого виймають готовий виріб або напівфабрикат із камери. Перед проведенням нового циклу гідравлічного формування деталей втрати газу та води компенсують із зовнішніх джерел.

Таким чином, при здійсненні запропонованого способу гідравлічного формування значно зменшується собівартість готової деталі або

напівфабрикату через використання дешевого вуглекислого газу  $\text{CO}_2$ , зменшуються капітальні витрати на установку для здійснення способу внаслідок використання більш простого технологічного обладнання в порівнянні з компресорним.

#### Використана література:

1. Високошвидкісні методи обробки металів тиском / В.А. Тітов [та ін.]; за заг. ред. проф., д-ра техн. наук Тітова В.А. – К. : КВІЦ, 2010. – 304 с.
2. Скрипник О.В. Перспективні напрямки технологічного застосування гідратів двооксиду вуглецю / О.В. Скрипник, В.В. Свяцький // Вісник Херсонського нац. техн. ун-ту. – Херсон : ХНТУ. – 2017. – № 2(61). – С. 114-118.
3. Скрипник О.В. Застосування у штампуванні газогідратних технологій / О.В. Скрипник, В.В. Свяцький // Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта : матеріали XVIII міжнар. наук.-техн. конф., 29 чер. – 1 лип. 2017 р., Київ, Україна. – К. : Політехніка. – С. 103-105.
4. Скрипник О.В. Виготовлення деталей тиском ударної хвилі / О.В. Скрипник, В.В. Свяцький // Металургія – 2017 : матеріали VI Міжнар. наук.-техн. конф., 23-25 трав. 2017 р., Запоріжжя, Україна. – Запоріжжя : АА Тандем, 2017. – С. 404-406.
5. Свяцький В.В. Високошвидкісне формування порошкових матеріалів / В.В. Свяцький, О.В. Скрипник // Сучасний рух науки : матеріали VII міжнар. наук.-практ. інтернет конф., 6-7 чер. 2018 р., Дніпро, Україна. – Дніпро : WayScience. – С. 1529-1532.
6. Скрипник О.В. Штампування деталей тиском вибухової хвилі / О.В. Скрипник, В.В. Свяцький // Trends of Modern Science – 2016. Materials of the XII International scientific and practical conference. May 30 - June 7, 2016. – Sheffield : Science and education LTD, 2016. – Vol. 22. Technical Science. – P. 30-33.

7. Скрипник О.В. Виготовлення безпористих деталей з використанням газогідратних технологій / О.В. Скрипник, В.В. Клименко, В.В. Свяцький, А.А. Віхтоденко // Scientific Horizons – 2015. Materials of the XI International scientific and practical conference. September 30 - October 7, 2015. – Sheffield : Science and education LTD, 2015. – Vol. 11. Technical sciences. Construction and architecture. – P. 27-29.