

УДК 621.795

ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ШТАМПУВАННЯ

Ю. Є. Шамарін, О. В. Холявік

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: k_OMD@ukr.net

Представлено оригінальну технологію високошвидкісного штампування складних деталей буїв, в ході якої можливе виготовлення нижньої частини буя без додаткових операцій гнуття, формування і зварювання. Глибокі деталі з малими перехідними радіусами з додатковими виштамповками запропоновано штампувати високошвидкісним багаторазовим навантаженням з проміжною термообробкою. В ході дослідження була розглянута можливість оптимізації схеми навантаження. Для того щоб визначити необхідну енергію для деформації зазначених частин, запропоновано метод розгляду поведінки металу при високому навантаженні. В результаті дослідження, деталі, виготовлені на електроустановці, в процесі впровадження та експлуатації мають характеристики міцності та надійності, що відповідають вимогам технічної документації.

Ключові слова: високошвидкісне штампування, електрогидравлічне штампування, високошвидкісне штампування, генератор імпульсів, електроімпульсний прес.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ШТАМПОВКИ

Ю. Е. Шамарин, О. В. Холявик

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: k_OMD@ukr.net

Представлена оригинальная технология высокоскоростной штамповки сложных деталей буев, в ходе которой возможно изготовление нижней части буя не прибегая к промежуточным операциям гибки, формовки и сварки. Глубокие детали с малыми переходными радиусами с дополнительными выштамповками предложено штамповать высокоскоростным многократным нагружением с промежуточной термообработкой. В ходе исследования была рассмотрена возможность оптимизации схемы нагружения. Для того чтобы определить необходимую энергию для деформации указанных частей, предложен метод рассмотрения поведения металла при высокой нагрузке. В результате исследования, детали, изготовленные на электроустановке, в процессе внедрения и эксплуатации имеют прочностные характеристики и характеристики надежности, которые соответствуют требованиям технической документации.

Ключевые слова: высокоскоростная штамповка, электрогидравлическая штамповка, высокоскоростная штамповка, генератор импульсов, электроимпульсный прес.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Рівень досягнень науки і техніки в усі часи виступав індикатором потенційних можливостей розвитку сучасного суспільства. Вимоги, які висовуються до гідроакустичної апаратури припускають тривалий ресурс її експлуатації із збереженням гарантованої надійності параметрів. У минулому столітті для цього була запропонована технологія виробництва дна буя за допомогою гнуття обичайки, неглибокого витягування і формування дна виробу з наступним зварюванням складових частин. Але цей спосіб виробництва зазначених деталей не забезпечує необхідну надійність і жорсткість деталей, так як зварний шов, як по периметру буя, так і вздовж твірної циліндричної частини є концентраторами напружень. Внаслідок цього, при експлуатації виробу під тиском в агресивному морському середовищі можлива втрата стійкості стінок і герметичності корпусу, що тягне за собою деформацію корпусу і потрапляння морської води в пристрій і виведення його з ладу. Сьогодні пріоритетним напрямом наукових досліджень щодо довговічної експлуатації гідроакустичної апаратури є освоєння технології високошвидкісного штампування складних деталей радіогідроакустичних буїв. В XXI столітті з'явилась низка публікацій, де автори розглядали цю актуальну проблему [1–6].

У процесі застосування та експлуатації морські радіогідроакустичні буї (РГБ) витримують великі навантаження, так як після скидання з літака вони отримують потужний удар при приводненні, а потім занурюються на досить велику глибину і постійно працюють в морському агресивному середовищі.

Метою роботи є розробка і освоєння технології високошвидкісного електрогідравлічного штампування глибоких складних деталей з важкодеформуємих металів і сплавів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Корпусні деталі буя, а особливо його нижня частина, повинні бути виготовлені з міцного корозійностійкого металу. Найчастіше для цього застосовують титанові сплави. Найважливішими перевагами титанових сплавів перед іншими конструкційними матеріалами є їх висока питома міцність і жароміцність в поєднанні з високою корозійною стійкістю. Конструкція такого буя представлена на рис. 1. [1].

До складу буя входять: контейнер 1, кабельна коробка 2, парашутна система 3, радіоантенний пристрій 4, прилад 5, який опускається на глибину до 400 м за допомогою механізму установки 6.

Механізм установки в транспортному положенні фіксується стрічками 7 і 8, що оснащені замками-роз'єднувачами 9 і 10.

Контейнер і кабельна коробка кріпляться по осях 11 за допомогою механізмів 12. З'єднання складових частин контейнера 13 здійснюється кабельними виводами 14.

Приведення РГБ в робоче положення після приводнення здійснюється наступним чином: при ударі об воду спрацьовують замки-роз'єднувачі, відстрілюють стрічки, відділяється парашутна система, а прилад 5 опускається на задану глибину, що фіксується кабелем 15.

Складові частини контейнера розгортаються з вертикального положення в горизонтальне, при цьому радіоантенний пристрій розкривається.

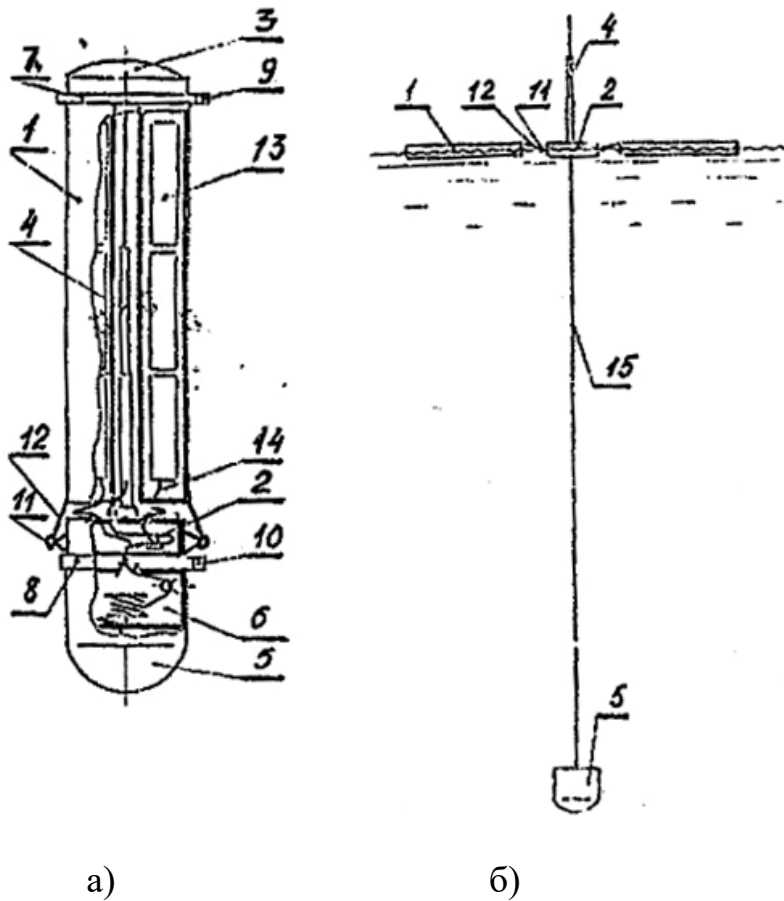


Рисунок 1 –
 Радиоакустичний буй:
 а) – у транспортному
 положенні; б) – у робочому
 положенні після
 приводнення

Нижня частина приладу 5, яка сприймає основне навантаження при ударі об воду, представлена на рис. 2. Раніше вона виконувалася звареною тому, що відштампувати цю деталь звичним традиційним способом було не можливо.



а)



б)

Рисунок 2 – Нижня частина корпусу приладу 5:
 а) – зварний варіант; б) – відштампована деталь

На рис. 3. представлено ескіз цієї деталі. Деталь виготовляється з листового титанового сплаву товщиною 2,5 мм.

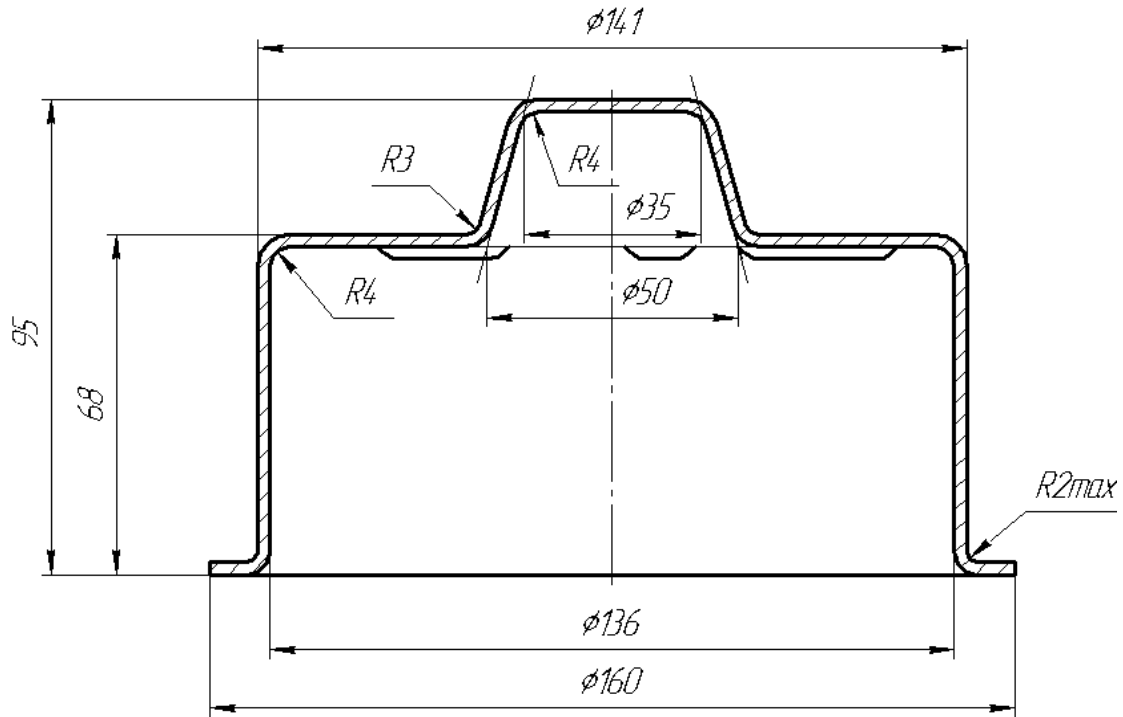


Рисунок 3 – Ескіз корпусу приладу 5

У процесі досліджень необхідно було оптимізувати схему навантаження заготовки, визначити необхідну енергію для її деформування, а також вивчити поведінку металу при високошвидкісному навантаженні [3–4].

В роботі [5] пропонується необхідну для формоутворення енергію визначати на підставі розрахунку статичного тиску:

$$W_{\text{номр.}} = 62,5 \frac{K_c}{K_{u^3}} \frac{P_{cm} - \tau c_0 r^2 H}{l_{\text{онм}} l_n \left(\frac{r}{R_0 M^3} \right)}, \quad (1)$$

де $K_c = 1,05 \dots 1,13$ – коефіцієнт швидкісного зміцнення;

$K_{u^3} = 0,4 \dots 1,0$ – коефіцієнт використання енергії, що враховує співвідношення площ поверхні ділянки заготовки, що деформується, і вихідного перетину камери;

P_{cm} – необхідний статичний тиск, Па;

$\tau = (30 \dots 100) 10^{-6}$ – тривалість розряду, с;

r – відстань від осі розряду до заготовки, м;

$R_0 = 4 \dots 5$ – початковий радіус каналу розряду, мм;

$M = 1,2 \dots 3,0$ – коефіцієнт, що залежить від кута нахилу даної точки поверхні до осі розряду.

Необхідний для формоутворення статичний тиск визначається з рівняння Лапласа для безмоментних оболонок:

$$P_{cm} = \sigma_s \delta \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}, \quad (2)$$

де σ_s – напруження текучості матеріалу заготовки, $\frac{кз}{мм^2}$;

δ – товщина заготовки, мм;

R_1 і R_2 – мінімальні радіуси кривизни поверхні деталі у взаємноперпендикулярних перерізах, мм.

При $R_1 = R_2 = R_{min}$

$$P_{cm} = \frac{2\sigma_s \delta}{R_{min}}. \quad (3)$$

Як показали експериментальні дослідження, розрахунок енергії, необхідної для формоутворення деталі, яка визначається за формулами (1) – (3), може використовуватися тільки для формування на заготовках сферичних виштамповок і рельєфних виступів з невеликим радіусом кривизни ($R_{min} < 30мм$).

Глибокі деталі в малими перехідними радіусами і з додатковими виштамповками запропоновано відштамповувати високошвидкісним багаторазовим навантаженням з проміжною термообробкою.

У цьому випадку величина переміщення заготовки за один імпульс визначається за формулою [6]:

$$Z = \frac{rP_m \theta}{\delta \rho (1 - \beta)} \left[\frac{1}{\beta} \left(1 - e^{-\rho \frac{t}{\theta}} \right) - \left(1 - e^{-\frac{t}{\theta}} \right) \right], \quad (4)$$

$$\text{де } \beta = \frac{\rho_0 c_0 \theta}{\rho \delta};$$

ρ_0, ρ – густина води і заготовки відповідно;

θ – характеристична постійна часу.

В результаті обробки експериментальних даних, для обчислення параметрів P_m и θ були отримані наступні емпіричні залежності [7]:

$$P_m = 2,15 \cdot 10^3 \frac{1}{(l_{opt} CL)^{0,125}} \cdot \frac{E_K^{0,525}}{r^{1,05}}, \quad (5)$$

$$\theta = 1,3 \cdot r^{0,1} \cdot E_K^{0,2} \cdot 10^{-6}, \quad (6)$$

де $E_K = E \cdot \eta_3$ – енергія, що виділилась у каналі розряду;

L – індуктивність розрядного контуру;

l_{opt} – оптимальний робочий проміжок;

C – ємність конденсаторної батареї, мкФ.

Деталі штампували на установці «Удар 8», оснащеної генератором імпульсів струму ГИТ-50-20 / 25 [7], технічні характеристики якого представлені в табл. 1.

Аналогічні деталі можливо відштампувати на електрогідравлічних установках «Удар – 5», а також на електроімпульсних пресах Т1225, Т1228 та ін.

Таблиця 1 – Характеристики генератора імпульсів струму ГИТ-50-20/25

Робоча напруга	50 кВ
Ємність конденсаторної батареї	20 мкФ
Частота проходження імпульсів	0,2 Гц
Потужність, що споживається	16 кВт
Напруга живлення	380 В
Максимальна енергія конденсаторної батареї, що може накопичуватися	25 кДж
Маса генератора	5500 кг
Габаритні розміри	2200x2150x1600 мм

ВИСНОВКИ. Освоєна технологія високошвидкісного штампування складних деталей радіогідроакустичних буїв. Деталі, виготовлені на електрогідравлічних установках, в процесі застосування і експлуатації за своїми характеристиками міцності і характеристиками надійності відповідають вимогам технічної документації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. 99682 Україна, МПК В63В 22/10. Буй для збору даних / Ю.Є. Шамарін, В.В. Кулагін, М.Б. Єжель, В.М. Алексеєнко, О.Ю. Шамарін; заявн. науково-дослідний центр збройних сил України «Державний Океанаріум». – № а 201110545; заявл. 31.08.2011; опубл. 10.09.2012; Бюл. № 17. – 5 с.
2. Холявик О.В., Шамарин Ю.Е. Високошвидкісна штамповка деталей радіогідроакустичних буїв // Тези доповідей загальноуніверситетської науково-техн. конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки: секція «Машинобудування», підсекція «Механіка пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів». – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – С. 81–82.
3. Шамарін Ю.Є., Носар Є.А. Штампування заготовки високовольтним розрядом в рідині з попереднім статичним навантаженням // Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти. – Київ: НТУУ «КПІ», 2012. – С. 42.
4. Високошвидкісні методи обробки металів тиском: Підручник / В.А. Тітов, Ю.Є. Шамарін, А.І. Долматов та ін.; під ред. В.А. Тітова. – Київ: КВІЦ, 2010. – 304 с.
5. Тараненко М.Е. Электрогидравлическая штамповка: теория, оборудование, техпроцессы. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – 272 с.

6. Высокоскоростные методы обработки металлов давлением / В.А. Титов, Ю.Е. Шамарин, А.И. Долматов и др. – Киев: СПД Карпук С.В., 2008. – 322 с.

7. Электрогидравлический процесс формоизменения металлов / Ю.Е. Шамарин, В.Н. Чачин, Ю.Е. Шарин – Киев: УкрНИИИТИ, 1971. – 24 с.

MANUFACTURING PARTS BY METHODS OF HIGH-SPEED STAMPING

Y. Shamarin, O. Holyavik

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

prosp. Peremohy, 37, Kyiv, 03056, Ukraine. E-mail: k_OMD@ukr.net

Purpose the article is to design and development the electromechanical of stamping complex parts from hard metals and alloys. The article presents the original technology of high-speed stamping complex parts. **Methodology.** Marine buoys are subjected to high loads. They withstand high overload. planes drop them to the place of operation with a sufficiently great height. Buoys sink to depth and are constantly working in the marine environment that promotes the oxidation of the metal. Lower part of marine buoys must be made of strong corrosion-resistant metal. Usually used for this purpose the titanium alloys. Technologically very hard to make the lower part of the buoy from durable titanium alloy. In the last century, has been offered the production technology bottom of the buoy: the flexible shell, deep drawing and forming the bottom of the product and welding components. But this method of manufacturing these parts is not reliable. This method of manufacturing not provides the required stiffness of parts. A weld is a stress concentrator. Consequently, when using the articles under pressure in a corrosive marine environment, detail may lose stability and tightness, which entails a deformation of the hull and the ingress of seawater into the device. **Results.** We are propose for method of analysis metal behavior under high loading. As a result of the study, parts made by means of the electro-hydraulic installation, in the process of implementation and operation have the strength characteristics and reliability characteristics that meet the technical documentation requirements. **Practical value** of the study lies in the fact that for sonar buoys, manufactured using the proposed technology, increment of service life is doubled, which entails a positive economic effect. References 7, figures 3.

Key words: high-speed stamping, electro-hydraulic stamping, pulse generator, electropulse press.

REFERENCES

1. Shamarin, Ju.E., Kulagin, V.V., Jezhel', M.B., Aleksejenko, V.M. and Shamarin, O.Ju. Patent 99682 Ukraine, МПК В63В 22/10 *Buj dlja zboru danyh* [Buoy for data acquisition], (Ukraine); Scientific research center of armed forces of Ukraine "State Oceanarium", № а 201110545; Declared 31.08.11; Published 10.09.12, Bull. no. 17.

2. Holyavik, O.V., Shamarin, Ju.E. (2014), "High speed forming parts sonobuoys", *Tezisy dokladov obshcheuniversitetskoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii* Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. Випуск 2/2016(18).

molodyh uchenyh i studentov posvyashchennoj dnyu Nauki. Sekciya "Mashinostroenie", podsekcija "Mekhanika plastichnosti i resursosberegayushchih processov" [Abstracts of the all-University scientific and technical conference of young scientists and students dedicated to the day of Science. Section "Engineering", subsection "Mechanics of plasticity and resource-saving processes"], Kyiv, NTUU "KPI", 2014, pp. 81–82.

3. Shamarin, Ju.E. and Nosar, Je.A. (2012), "Stamping blanks high-voltage discharge in the liquid with the previous static loading", *Teoretychni ta praktychni problemy v obrobci materialiv tyskom i jakosti fahovoi' osvity*, pp. 42.

4. Titov, V.A., Shamarin, Ju.E. and Dolmatov, A.I. (2010), *Vysokoshvydkisni metody obrabky metaliv tyskom: Pidruchnyk* [High-speed methods of processing of metals by pressure: the Textbook], KVIC, Kyiv, Ukraine.

5. Taranenko, M.E. (2011), *Jelektrohidravlicheskaja shtampovka: teorija, oborudovanie, tehprocessy* [Electrohydraulic forming: theory, equipment and processes], Nac. aerokosm. un-t im. N.E. Jukovskogo "Hark. aviac. in-t", Harkov, Ukraine.

6. Titov, V.A., Shamarin, Ju. E. and Dolmatov, A.I. (2008), *Vysokoskorostnye metody obrabotki metallov davleniem* [High-speed methods of processing of metals pressure], Izd. SPD Karpuk, S.V., Kyiv, Ukraine.

7. Shamarin, Ju.E., Chachin, V.N. and Sharin, Ju.E. (1971), *Jelektrohidravlicheskij process formoizmenenija metallov* [Electro hydraulic process of the deformation of metals] , UkrNIIITI, Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла 12.12.2016.