

3. Слепова С. В. Система автоматизированного проектирования Компас-3D : мультимедийный курс лекций / С. В. Слепова, М. А. Шахина. – 2010. – 312 с.
4. Сокол Г. І. Проектування плоских важільних механізмів з використанням AUTOCad : навч. посібник / Г. І. Сокол, В. С. Дудников. – Дніпропетровськ : Поліграфія, 2014. – 208 с.
5. Пакет прикладных программ «1С: Математический конструктор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://obr.1c.ru/educational/uchenikam/mathkit/>.
6. Півняк Г. Г. Тлумачний словник з інформатики / Г. Г. Півняк, Б. С. Бусигін, М. М. Дівізніюк та ін. – Дніпропетровськ : Нац. гірнич. ун-т, 2008. – 599 с.
7. Gombert B. N. Simulation Modelling of a High Speed Tracked Vehicle with Electric Speed Transmission / Gombert B. N., Kondakov, S. V., Nosenko, L. S. and Pavlovskaya O. O. Bulletin of South Ural State. – Т. 37(296), 2012. – Р. 73–81.
8. Ltd. “1С: Publishing” (2010), “Application package “1С: Mathematical designer”, available at: <http://obr.1c.ru/educational/uchenikam/mathkit/>.
9. Nemnyugin S. A. Fortran in tasks and examples, BKHV – St. Petersburg, 2016. – 496 p.
10. Stéphane, Guérard, Christoph, Bode and Robin, Gustafsson. Turning Point Mechanisms in a Dualistic Process Model of Institutional Emergence: The Case of the Diesel Particulate Filter in Germany, SAGE Journal, Organization Studies, First published on April 25. – 2013. – May, 34. – P. 781–822.

*Надійшла до редколегії 15.04.2017*

**УДК 621.983.5**

Ю. А. Шашко, О. В. Кулик, М. М. Убизький

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ РОТАЦІЙНОГО РОЗКОЧУВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ДНИЩ ПАЛИВНИХ БАКІВ РАКЕТ-НОСІЇВ**

Наведено результати науково-дослідної роботи, головним завданням якої була розробка порівняльного аналізу перспективного методу ротаційного розкочування крупногабаритних оболонок днищ баків РН та його переваги в порівнянні з іншими методами. Порівняльний аналіз проводився методом виготовлення оболонок днищ за такими критеріями: технологічність, простота оснащення, кількість операцій, простота переналадки і КВМ % (коефіцієнт використання матеріалу). Наведено результати порівняльного аналізу з результатами відповідних розрахунків, які базуються на існуючому технологічному процесі витягування оболонок днищ та розробленому технологічному процесі ротаційного розкочування напівсферичних оболонок. Основою для останнього ТП став технологічний процес витяжки оболонок днищ на гідравлічних штампах, оскільки сутність даних процесів схожа між собою.

*Ключові слова:* технологічність, оснащення, оболонка днища, метод ротаційного розкочування.

---

© Ю. А. Шашко, О. В. Кулик, М. М. Убизький, 2017

Приведены результаты научно-исследовательской работы, главной задачей которой была разработка сравнительного анализа перспективного метода ротационной раскатки крупногабаритных оболочек днищ баков РН и его преимущества по сравнению с другими методами. Сравнительный анализ проводился методом изготовления оболочек днищ по таким критериям: технологичность, простота оснащения, количество операций, простота переналадки и КВМ % (коэффициент использования материала). Приведены результаты сравнительного анализа с результатами соответствующих расчетов, основанных на существующем технологическом процессе вытягивания оболочек днищ и разработанном технологическом процессе ротационной раскатки полусферических оболочек. Основой для последнего ТП стал технологический процесс вытяжки оболочек днищ на гидравлических штампах, поскольку сущность данных процессов похожа между собой.

*Ключевые слова:* технологичность, оснащение, оболочка днища, метод ротационной раскатки.

In this article results of research, whose main objective was to develop a comparative analysis of prospective rotational rolling method covers the bottoms of bulk tank rocket and its advantages over other methods above. A comparative analysis was conducted by making membranes bottoms over criteria such as manufacturability, ease of equipment, number of operations, ease of readjustment and KVM% (utilization of material. This paper presents the results of a comparative analysis of the results of the calculations based on existing technological process of pulling shells bottoms and developed the process rolling rotary hemispherical shells. The basis for the last TA became workflow you yazhky shells on the bottoms of hydraulic stamps because the nature of these processes are similar.

*Keywords:* technology, equipment, shell bottoms, rotary rolling method.

**Вступ.** Оболонки днищ для циліндричних баків ракет-носіїв (РН) є відповідальними конструкціями, яким властиві високі вимоги до їх міцності, герметичності, надійності. Виконання цих вимог, серед іншого, забезпечується використанням унікальних і наукомістких технологій як виготовлення оболонок, так і методів подальшого їх складання, зварювання, випробування, наявності спеціального технологічного обладнання, пристосувань і працівників високої кваліфікації.

Наслідком цього є те, що в собівартості днищ найбільша складова – це технологічна собівартість. Для найбільш поширених у конструкціях паливних баків РН днищ сферичної форми, на сьогоднішній день, традиційний метод виготовлення оболонок – це витягування оболонок днищ у штампі, але через невеликі обсяги виробництва даний метод втрачає свою привабливість по причині високої собівартості однієї оболонки.

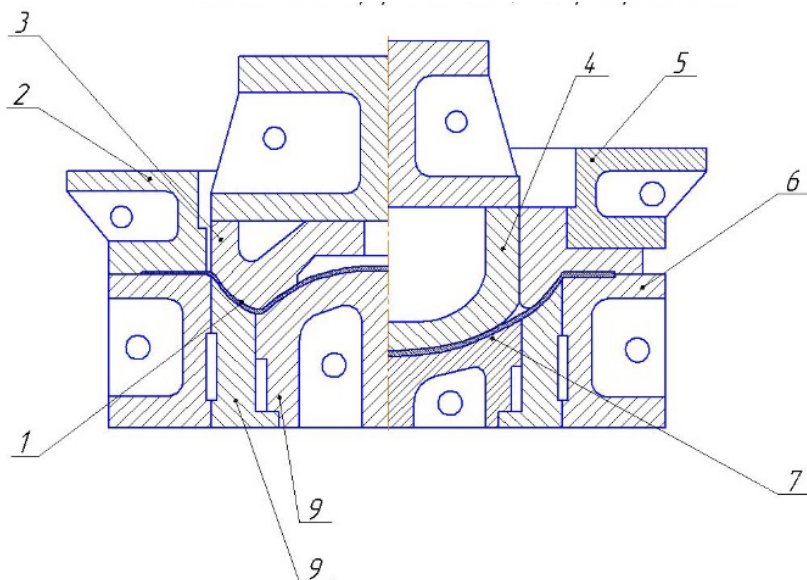
Основною метою роботи є порівняльний аналіз існуючих технологій виготовлення оболонок сферичної форми для днищ паливних баків РН і дослідження можливості зниження технологічної собівартості виготовлення таких великогабаритних днищ шляхом використання сучасних технологій ротацийного витягування. Ротацийне розкочування дозволяє значно зменшити кількість засобів технологічного оснащення і кількість переоснащення обладнання у виробничому процесі виготовлення оболонок днищ, суттєво скоротити виробничий цикл.

В роботі розглянуто склад технологічного комплексу для виробництва оболонок днищ методом ротацийного витягування, необхідне оснащення, можливість використання існуючих заготовок.

Для забезпечення достойної конкурентної спроможності продукції ракетно-космічної промисловості України на міжнародному ринку, враховуючи сучасне становище даної галузі, потрібно знаходити нові рішення, які позитивно вплинуть на технологічність та собівартість виробів РКТ.

**Актуальність проблеми.** Традиційний для нас метод виготовлення – витягування в штампах, можна реалізувати двома шляхами: прямим, при якому

використовується від 8 до 10 комплектів штампів, та реверсивним методом, суть якого полягає у використанні одного комплекту штампа зі змінними частинами. Схему реверсивного методу наведено на рис. 1.



**Рис. 1. Конструктивна схема універсального штампа:**

1 – напівфабрикат сферичного днища з набором на «грибок»; 2 – прижим для витягування на «грибок»; 3 – пуансон для набору на «грибок»; 4 – пуансон для операції «вивертання»; 5 – прижим для операції «вивертання»; 6 – універсальна матриця; 7 – сферичне днище після операції «вивертання»; 8 – вставні елементи матриці для операції «вивертання»; 9 – вставні елементи матриці для операції «набору на грибок».

Ці методи мають ряд переваг, але враховуючи дрібносерійний тип виробництва, кількість недоліків переважає. До оболонок днищ висувають високі вимоги по технологічності, а отже, і потребують пошуку нових технологічних рішень та методів виготовлення.

Актуальність розглянутого питання для ракетно-космічної галузі України є одним із шляхів зниження собівартості виготовлення і трудомісткості складових РН і, відповідно, підвищення конкурентоспроможності вітчизняної ракетно-космічної техніки.

Матеріал та метод дослідження. В якості матеріалу для оболонок днищ застосовується сплав АМг6М. Основним завданням дослідницької роботи був пошук оптимальних і технологічних методів виготовлення та розробка порівняльного аналізу ефективності найбільш оптимальних методів.

Геометричні параметри об'єкта дослідження:

діаметр – 3000 мм;

висота – 660 мм;

товщина – 10 мм;

Пр = 51 шт.



Рис. 2. Оболонка днища

**Хімічний склад матеріалу.**

У хімічний склад АМг6М входять такі компоненти: алюміній (Al), ферум (Fe), кремній (Si), марганець (Mn), берилій (Be), хром (Cr), магній (Mg), нікель (Ni), титан (Ti), цинк (Zn) та мідь (Cu). Всі елементи, які входять до АМг6М, впливають на його експлуатаційні характеристики та визначають його властивості, які використовуються під час експлуатації.

Таблиця 1

**Характеристика матеріалу АМг6М**

Марка	АМг6М
Класифікація	Алюмінієвий деформований сплав
Застосування	Для виготовлення напівфабрикатів методом гарячої і холодної деформації, а також злитків і слябів; корозійна стійкість висока

Таблиця 2

**Хімічний склад в % матеріалу АМг6М**

Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Be	Mg	Zn	Домішки
до 0,4	до 0,4	0,5 – 0,8	0,02 – 0,1	91,1 – 93,68	до 0,1	0,0002 – 0,005	5,8 – 6,8	до 0,2	інші, кожна 0,05; всього 0,1

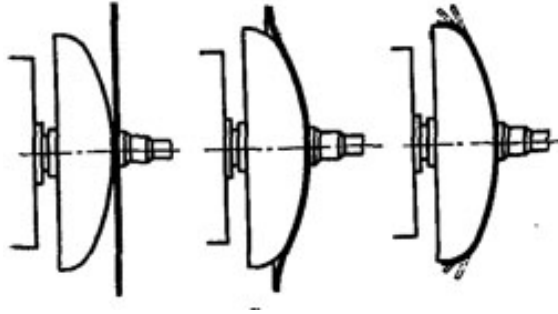
У процесі роботи було вивчено та проаналізовано такі методи виготовлення:

- штампування електричним розрядом;
- штампування вибухом у водному середовищі;
- витягування в штампах на пресах;
- метод ротаційного розкочування.

Враховуючи параметри об'єкта виробництва, з вищевказаних методів найбільш оптимальними є витягування в штампах та ротаційне розкочування. З представлених методів потрібно обрати найбільш технологічний.

### **Сутність методу ротаційного розкочування**

Сутність методу ротаційного розкочування полягає в тому, що заготовці округлої форми поступово надається форма оправки, яка точно повторює контури готової деталі (рис. 3).



**Рис. 3. Схема виготовлення оболонки днища**

### **Інструменти та пристосування для ротаційного розкочування**

В якості інструменту використовують ролики, геометричні параметри яких залежать від типу операції (рис. 4.).



**Рис. 4. Ролики**

Виготовляють ролики з капрону, високоякісної інструментальної (швидкорізальної сталі): ХВГ, У10, У8, термічно оброблена (загартовування, відпуск) до твердості HRC 62–64, матеріал роликів залежить від матеріалу оболонок днищ.

Оправки виготовляють з цементитної низьковуглецевої сталі. Робоча поверхня оправок шліфується; кінцеве шліфування рекомендують проводити на місці, щоб уникнути биття, яке, в свою чергу, сприяє виникненню гофрів на поверхні заготовки.

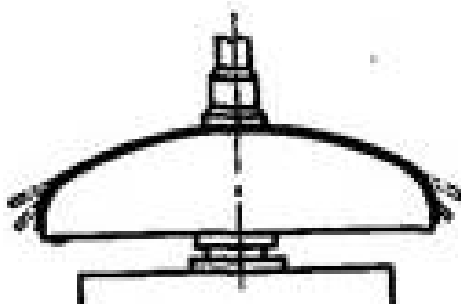


Рис. 5. Оправка

Порівняльний аналіз методів витягування в штампах та ротаційного розкочування проводився за такими критеріями:

- технологічність;
- простота оснащення;
- простота переналадки;
- кількість операцій,  $\Sigma t_{шт}$ ;
- КВМ, %.

**Результати дослідження.** Провівши дослідницьку роботу та необхідні розрахунки, було отримано дані, які свідчать про ефективність методу ротаційного розкочування в порівнянні з витягуванням у штампах.

Таблиця 3

## Результати порівняльного аналізу

Позначення	Витягування в штампах	Ротаційне розкочування
Кількість операцій	42	28
Сумарний час $\Sigma t_{шт}$ , хв.	7336,31	867,05
Кількість обладнання	6	5
КВМ, %	85	93

**Висновки.** Метод витягування в штампах ефективний при середньому, крупному або масовому типах виробництва, але не в дрібносерійному, оскільки через малу кількість виробів даний метод не може окупити вартість значної кількості пристосувань та енергозатрат і затрат на утримання обладнання.

На відміну від витягування в штампах, ротаційне витягування має більшу кількість переваг, ніж недоліків. Даний метод теоретично є ефективнішим і рентабельнішим як з точки зору економіки, так і технології, однак вимагає детального практичного вивчення.

## Біографічні посилання

1. **Романовский В. П.** Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский. – М., Л. : Машиностроение, 1979. – 520 с.
2. **Гредитор М. А.** Давильные работы и ротационное выдавливание / М. А. Гредитор. – М. : Машиностроение, 1971. – 239 с.

*Надійшла до редколегії 09.06.2017*