

DOI 10.36074/grail-of-science.07.07.2023.031

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНО-ПУСКОВИХ КОНТЕЙНЕРІВ

Воронько Владислав Олегович 

аспірант

Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, Україна

Білецький Ігор Васильович 

канд. техн. наук, проректор

Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, Україна

Планковський Сергій Ігорович 

д-р. техн. наук, професор

Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, Україна

Анотація. Розуміння технології виготовлення елементів транспортно-пускових контейнерів є ключовим для забезпечення безпеки, надійності та ефективності ракетних запусків. Для забезпечення безпеки персоналу, навколишнього середовища та майна необхідно застосовувати всі запобіжні заходи та знати особливості поведінки матеріалів. Неправильне виготовлення або використання контейнерів може призвести до аварій, вибухів або інших небезпечних ситуацій. Цілісність контейнера повинна також забезпечувати надійний захист ракети при транспортуванні та зберіганні від впливу зовнішніх факторів. Технологічні рішення, що застосовуються при виготовленні контейнерів, можуть впливати на їхню масу, габарити та вартість. Розуміння цих технологій дозволяє оптимізувати процес виробництва, покращити характеристики контейнерів та знизити витрати. Знання процесів також допомагають виявити та виправити потенційні дефекти, знизити кількість браку та підвищити загальну надійність та якість продукції.

Ключові слова: транспортно-пускові контейнери; заготовка; матеріал; обладнання; композити.

Розвиток виробництва в сучасному світі залежить від здатності підприємств отримувати, освоювати та оперативно впроваджувати науково-технічні досягнення, які забезпечують сучасні потреби країни [1]. Актуальним напрямком дослідження є технологія виготовлення транспортно-пускових контейнерів (ТПК).

Для ТПК використовуються заготовки, отримані різними способами:

1. Литі заготовки: виготовляються шляхом лиття металевого матеріалу у спеціальні форми або матриці.

2. Штамповані заготовки: виготовляються шляхом обробки тиском листового металу.

3. Ковані заготовки: виготовляються шляхом обробки металу з використанням пресу або ковальських молотів.

4. Механічно оброблені заготовки: виготовлення відбувається з використанням верстатів з числовим програмним керуванням.

5. Заготовки з композиційних матеріалів: виготовляються з композитних тканин або ниток.

ТПК можна умовно поділити на групи за використанням матеріалом [2]:

1. Сталеві. Це найбільш широко використовуваний спосіб виготовлення транспортно-пускових контейнерів. Такі контейнери можуть витримувати високий тиск і забезпечувати безпечне зберігання та запуск ракет.

Це може бути виготовлення з листа, зварювання сталі або ливарне виробництво.

Обробка листового металу включає обробку та з'єднання. Листовий метал може бути вирізаний і вигнутий з використанням різних технологій, таких як лазерне різання, гнуття або згинальні преси. Потім, для створення контейнера, його окремі компоненти з'єднуються зварюванням, клепою або болтовими з'єднаннями.

При зварюванні цілісність окремих сталевих компонентів, що з'єднуються, забезпечують різні способи зварювання: дугове зварювання (наприклад, методи Metal Inert Gas/Metal Active Gas або Tungsten Inert Gas), точкове зварювання або електростатичне зварювання. Вибір залежить від різних факторів: товщини, вимог до якості зварного з'єднання та ін.

Для виготовлення цілісного контейнера застосовують лиття в попередньо підготовлені форми.

2. Алюмінієві. Контейнери мають хорошу стійкість до корозії та забезпечують надійний захист ракети під час зберігання та транспортування.

Алюмінієві контейнери, в залежності від вимог конкретного проекту та дизайну, можуть також виготовлятися як ливарним виробництвом, так і обробкою листового алюмінію. Але найпоширенішим методом є екструзія або профільне пресування.

Екструзія відбувається шляхом видавлювання під тиском матеріалу через спеціальний інструмент екструдер. За допомогою матриці, з бажаним перерізом, можна створювати профілі з різними геометричними формами, що дає гнучкість у проектуванні та виробництві таких контейнерів. Легкість, хороша міцність і стійкість до корозії є дуже актуальна у космічній та авіаційній промисловості.

3. Композитні. Цей тип контейнерів виготовляється із композитних матеріалів, таких як вуглепластик або склопластик. Вони легші, ніж сталеві, але при цьому мають достатню міцність і стійкість до впливу зовнішніх факторів. Їх можна спроектувати для специфічних вимог до механічних властивостей.

Виготовлення пускових контейнерів із композитних матеріалів включає

застосування наступних методів [3-5]:

– Намотування спеціальними композитними волокнами, яка створюючи шар матеріалу обмотуванням навколо форми. Волокна зазвичай просочуються смолою, яка потім при затвердінні забезпечує високу жорсткість та міцність конструкції. Обмотка може бути однонаправленою (волокна обмотані в одному напрямку) або багатонаправленою (волокна обмотані у різних напрямках для підвищення міцності у різних площинах).

– Шарувата композитна конструкція утворюється за рахунок склеювання шарів, кожен з яких може складатися з композитних волокон (наприклад, вуглецевих, скловолокон або арамідних волокон), просочених сполучним матеріалом (зазвичай смолою). Шари можуть бути орієнтовані у різних напрямках для оптимізації міцності та жорсткості контейнера.

– Ламінація – процес склеювання множини тонких шарів композитних матеріалів. Кожен шар може складатися з волокон, просочених сполучним матеріалом, та шарів, послідовно накладених та стиснених разом. В результаті утворена композитна конструкція має не лише високу міцність, а й структурну цілісність.

Під час виготовлення транспортно-пускових контейнерів використовується наступне обладнання:

1. Верстати з ЧПУ. За допомогою цих верстатів проводиться обробка заготовок, а саме свердління отворів, фрезерування вирізів та поверхонь.

2. Лазерні різачки. На лазерних різачках проводиться точне різання листового металу або інших заготовок.

3. Гідравлічні преси. Форма заготовок формується на таких пресах.

4. Зварювальне обладнання. За допомогою зварювального обладнання з'єднуються окремі частини контейнера.

5. Намотувальні верстати. Структуру контейнера створюють на намотувальних верстатах з використанням автоматичного намотування композитних матеріалів на форми.

6. Контрольно-вимірювальне обладнання. Перевірки геометричних параметрів, розмірів та якості виготовлених контейнерів здійснюється за допомогою координатно-вимірювальних машин або лазерних сканерів.

Розглядається також перспектива застосування технологій 3Д друку для виготовлення як композитних, так і для металевих ТПК. Оскільки застосування методів адитивного виробництва дозволить створювати складні геометричні форми та структури, а також оптимізувати дизайн контейнера для підвищення його міцності, ефективності та маси. Однак слід зазначити, що такі методи ще перебувають на стадії дослідження. Потрібні детальні експерименти, випробування та сертифікація, щоб забезпечити відповідність високим вимогам безпеки та надійності в ракетній промисловості.

Висновок. В цілому, Намотування композитних волокон надає виробникам гнучкість у дизайні, високу міцність та легку вагу пускових контейнерів, що робить цей метод найчастіше застосовуваним в індустрії виготовлення ракет та космічних систем.

Список використаних джерел:

[1] Мерзляков, В. (2021) Огляд новітніх ракетних комплексів РСЗВ та ППО. ARMY-GUIDE.

- Вилучено з: <https://mil.in.ua/uk/articles/oglyad-novitnih-raketnyh-kompleksiv-rszv-ta-ppo>.
- [2] Carisch, E., Rickard-Martin, L. (2014) United Nations Sanctions of Iran and North Korea: An Implementation Manual, Annex 5, New York: International Peace Institute, 98 p.
 - [3] Mishra, R., Behera, B. K., Mukherjee, S., Petru, M., & Muller, M. (2021). Axial and Radial Compression Behavior of Composite Rocket Launcher Developed by Robotized Filament Winding: Simulation and Experimental Validation. *Polymers*, 13(4), 517. <https://doi.org/10.3390/polym13040517>.
 - [4] Pang, F., Qin, Y., Li, H., Teng, Y., Gong, Q. & Wang, S. (2021). Study on impact resistance of composite rocket launcher. *REVIEWS ON ADVANCED MATERIALS SCIENCE*, 60(1), 615-630. <https://doi.org/10.1515/rams-2021-0045>.
 - [5] Yang, J., & Wang, Z. (2012). Numerical Simulation of Launch Tube Based on Container-type Missile Launch Technology. *Procedia Engineering*, 31, 302–307. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1028>.