УДК 621.38

Калафатова Л. П. докт. тех. наук, професор
Носов Р. О. магістр
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, м. Луцьк
lydmila.kalafatova@gmail.com

ПЕРПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ТОНКОСТІННИХ ОБОЛОНОК З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

Інтенсивний розвиток авіакосмічної і ракетної галузей у сучасних умовах супроводжується виникненням проблем, пов’язаних з необхідністю інноваційного розвитку технологій, що використовуються для виробництва відповідальних елементів літальних апаратів, до яких у повній мірі відносяться головні обтічники ракет, снарядів, літальних апаратів (ЛА). Деталі такого класу виробляються з важкооброблюваних матеріалів різної природи і відносяться до категорії тонкостінних складно-профільних оболонок, поверхня яких може складатися з елементів циліндру, параболи, конусу, сфери. До цих виробів пред’являються підвищені вимоги як по точності геометричних розмірів, так і по формі та якості їх поверхонь.

Згідно з умовами експлуатації виробів можна відмітити наступне. Обтічники ЛА і ракет [1, 2], в яких необхідна присутність радіолокаційної системи наведення і управління, виготовляються з радіопрозорих матеріалів, до яких відносяться крихкі неметалеві матеріали (КНМ) - різні види кераміки, в тому числі і склокераміка – ситали, що мають високі міцність на стиск, зносостійкість, термічну і корозійну стійкість.

Існуючі технології виготовлення складно профільних керамічних виробів, які включають формоутворення і випал, не дозволяють це забезпечити без додаткової механічної обробки. У зв’язку з неможливістю на сьогодні забезпечити точність форми виробу і потрібну якість його поверхонь на етапі отримання заготовки (здебільшого це шлікерна технологія або відцентрове литво) виріб піддається багатоетапній механічній обробці, а саме шліфуванню алмазними кругами, в основному на металевій зв'язці.

До недавнього часу шліфування обтічників ЛА реалізовувалося за два установа на модернізованих токарних верстатах, оснащених високошвидкісними шліфувальними агрегатними головками і системами силового копіювання (рис. 1).

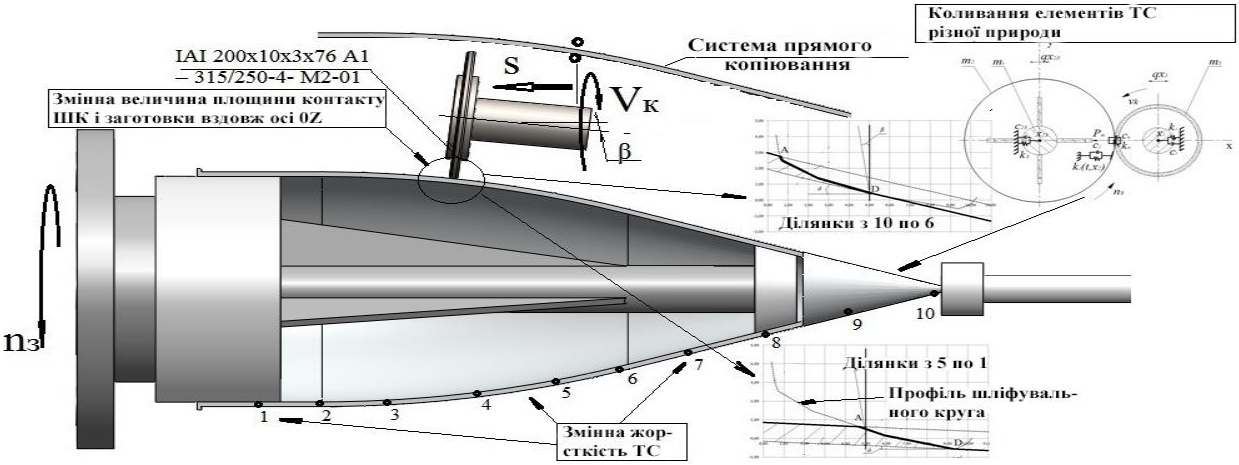

Рис. 1 – Схема зовнішнього шліфування оболонки обтічника [2]

З причин підвищених крихкості і твердості КНМ їх механічна обробка утруднена і тому процес шліфування є багатоетапним. До його складу входять чорнові і чистові операції шліфування внутрішнього і зовнішнього контурів. При цьому видаляється основний припуск величиною до 8-10 мм на сторону, який є нерівномірним вздовж усього профілю

деталі. Алмазно-абразивна обробка ведеться способом глибинного шліфування (глибина різання 0,5…1,5 мм), яке супроводжується крихким руйнуванням оброблюваного матеріалу і формуванням порушеного обробкою дефектного шару, шорсткістю і хвилястістю сформованої поверхні, що є неприпустимим з точки зору забезпечення експлуатаційних характеристик обтічників. При цьому використання такого принципу обробки не дозволяє забезпечити необхідну точність стінки оболонки по товщині, що після попереднього виміру отриманих після шліфування розмірів деталі досягається на операціях «вирізки» і доводки алмазними брусками, які здійснюються вручну і вимагають значних витрат часу і високої кваліфікації верстатника.

Тому наступний етап удосконалення технології абразивної обробки оболонок з КНМ пов'язаний з її реалізацією на сучасних верстатних системах з ЧПК, які дозволяють відмовитися від принципу використання копірів для формоутворення профілю виробу. За рахунок цього підвищуються жорсткість технологічної системи, якість і точність сформованих поверхонь, що дозволяє відказатися від операції ручної доробки і суттєво підвищити продуктивність процесу механічної обробки.

Результати аналізу існуючих технологічних процесів виготовлення деталей типу великогабаритних оболонок дозволили зробити висновок [2], що їх ефективність залежить від способу отримання заготовки. Максимальне наближення конфігурації і точності розмірів заготовки до відповідних параметрів деталі дозволяє у значній мірі відмовитися від трудомістких і витратних операцій механічної обробки. Це можливо за рахунок використання сучасних 3D-технологій друку [3], за якими майбутнє. Прикладом подібних технологій є селективне лазерне спікання (Selective Laser Sintering, SLS), що є методом адитивного виробництва і використовується для створення високоточних виробів з кераміки практично необмеженої геометричної складності з точністю друку до 20 мкм.

Поява 3D-друку також відкрила нову еру дизайнерських можливостей при використанні різних матеріалів, у тому числі металів, для виготовлення головних обтічників снарядів і ракет. За допомогою цієї технології (для металів це здебільшого селективне лазерне спікання, SLS або селективне лазерне плавлення – Selective Laser Melting, SLM) можуть створюватися відповідальні деталі надскладної геометрії та форми, які раніше неможливо було виготовити традиційними методами виробництва [4].

Використання технологій 3D-друку дозволяє докорінним чином змінити технологічний процес виготовлення деталей типу оболонок з важкооброблюваних матеріалів у порівнянні з існуючими процесами їх виробництва, а саме, виключити цілу низку складних і малопродуктивних операцій – від заготівельних до операцій механічної обробки. Адитивні технології дозволяють також удосконалювати конструкції елементів літальних апаратів з метою підвищення ефективності їх обробки і надійності ЛА в експлуатації.

Список посилань

1. Ромашин А.Г. Радиопрозрачные обтекатели летательных аппаратов. Проектирование, конструкционные материалы, технология производства, испытания: учебное пособие / А.Г. Ромашин, В.Е. Гайдачук, Я.С. Карпов та ін. – Харьков: Изд. центр «ХАИ», 2003. – 240 с.

2. Калафатова Л.П. Перспективи підвищення ефективності обробки складнопрофільних виробів із крихких неметалевих матеріалів / Л.П. Калафатова // Різання та інструменти в технологічних системах: зб. наук. праць. – Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – Вип. 91 (2019). – с. 69-77.

3. 3D Printed Rockets: How New Manufacturin is Transforming Spacecraft Design. 2023: www-tomorrow-bio.translate.goog/post/3d-printed-rockets-how-new-manufacturing-is-transforming-spacecraft-design-2023-06-45701

4. Yuan Gao On Manufacturing Process of Guided Rocket Fairing / GAO Yuan, ZHAO Xiaogang, SUN Jianbang // International Symposium on Advanced Launch Technologies (ISALT 2022). J. Phys.: Conf. Ser. 2460 (2023) 012074 doi:10.1088/1742-6596/2460/1/012074