

УДК 621.7

Носов Р.О., аспірант кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства
Науковий керівник: Рубан В.М., к.т.н доц. кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПРОБЛЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Сучасне машинобудівне виробництво висуває підвищені вимоги до точності, надійності та ефективності виготовлення деталей складної геометричної форми з важкооброблюваних конструкційних матеріалів, таких як титан, нержавіючі сталі, жароміцні сплави та композиційні матеріали. Використання таких матеріалів обумовлене необхідністю забезпечення високих експлуатаційних характеристик виробів, зокрема підвищеної міцності, зносостійкості, термостійкості та тривалої працездатності в умовах інтенсивного механічного та термічного навантаження. Разом із тим традиційні методи заготівельного виробництва, включаючи лиття, ковку, гаряче та холодне пресування, не завжди дозволяють забезпечити необхідну точність геометричних розмірів та рівномірність товщини стінок виробів [1].

Висока твердість та зносостійкість конструкційних матеріалів суттєво ускладнюють застосування традиційних методів механічної обробки. В процесі обробки таких матеріалів витрачається значна кількість часу та енергії, а також інструментальних ресурсів, що негативно впливає на продуктивність та економічну ефективність виробництва. Низька жорсткість та стабільність верстатного обладнання, а також нестабільність режимів різання призводять до додаткових похибок форми та підвищеної шорсткості поверхонь, що, у свою чергу, вимагає багатоетапної механічної обробки із застосуванням точіння, фрезерування, шліфування та інших операцій (табл. 1).

Таблиця 1 - Узагальнений базовий виробничий процес виготовлення обтічників із ситалу АС- 418 [2].

Виробничий процес виготовлення обтічників із ситалу		
Технологія отримання заготовки:	Механічна обробка заготовки:	Комбіноване зміцнення оброблених поверхонь:
<ul style="list-style-type: none"> - синтез похідного матеріалу - стекла марки АС-418 (виготовлення шихти); - отримання заготовки методом відцентрового лиття; - кристалізація матеріалу обтічника в заготовці. 	<ul style="list-style-type: none"> - алмазне шліфування внутрішньої і зовнішньої поверхонь заготовки (послідовне чорнове і чистове оброблення); - абразивна доводка шліфованих поверхонь для забезпечення необхідної точності і якості виробу. 	<ul style="list-style-type: none"> - видалення хімічним травленням дефектного шару, викликаного механічною обробкою; - зміцнення поверхні деталі іонним бомбардуванням.

Особливу складність представляє виготовлення деталей з тонкостінними конструкціями та складним профілем, таких як корпуси турбомашин, оболонки та порожнисті елементи. У цих виробках необхідно забезпечити однакову товщину стінок, точність внутрішніх каналів, радіусів кривизни та геометричної форми в цілому. Існуючі технології формоутворення заготовок не завжди гарантують стабільність розмірів та геометричної точності виробу, що призводить до підвищеної трудомісткості та матеріаломісткості виробництва. Нерівномірний розподіл припуску на обробку по всій площі деталі зумовлює значне збільшення часу та ресурсоемності механічних операцій.

Крім того, дефекти, що виникають на етапі формоутворення заготовки, такі як пористість, тріщини, хвилеподібність поверхонь або локальні деформації, суттєво впливають на якість готових виробів і можуть спричинити відмови при експлуатації. В

умовах зростаючих вимог до точності та надійності, особливо у галузях авіаційного, космічного та енергетичного машинобудування, такі проблеми стають критично важливими [3].

Отже, актуальними завданнями сучасного машинобудування є розробка та впровадження технологій, здатних забезпечити точне формоутворення заготовок складної геометричної форми з важкооброблюваних матеріалів із мінімізацією багатоетапної механічної обробки. Необхідне удосконалення технології виготовлення пов'язане із впровадженням сучасного високоточного обладнання — верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), які забезпечують стабільність геометрії профілю без використання копіїв, зменшення похибок та підвищення точності формоутворення. Це дозволяє досягти необхідної якості поверхні, знизити дефектність приповерхневого шару та підвищити продуктивність обробки [4].

Важливим напрямом підвищення ефективності є оптимізація режимів різання та використання високоефективних алмазно-абразивних інструментів у поєднанні з активними мастильно-охолоджувальними технологічними середовищами. Такі заходи сприяють зменшенню тертя у зоні контакту, покращенню тепловідведення, підвищенню стійкості інструменту та забезпеченню стабільної якості поверхонь.

Одним із найперспективніших шляхів розвитку є використання адитивних технологій (SLS, SLM, 3D-друк металами й керамікою) для формування заготовок, максимально наближених до геометрії готового виробу [5]. Це дозволяє мінімізувати припуск на механічну обробку, скоротити кількість технологічних операцій, знизити собівартість і підвищити точність виготовлення деталей складної просторової форми. Адитивне виробництво відкриває можливості створення конструкцій з унікальними властивостями – полегшених, термостійких і функціонально інтегрованих.

Отже, комплексне впровадження високоточного обладнання з ЧПК, прогресивних інструментів і адитивних технологій є ефективним шляхом підвищення якості та продуктивності виготовлення деталей типу тонкостінних оболонок із важкооброблюваних матеріалів. Це забезпечує зниження енерго- та матеріаломісткості процесу, підвищення надійності й довговічності виробів, що має стратегічне значення для розвитку авіаційної, оборонної та космічної техніки.

Список використаних джерел:

1. Калінін А. В., Кривенко А. І. Технологічні аспекти шліфування тонкостінних деталей із кераміки. // *Вісник НТУ «ХПІ»*, 2021, №3. – С. 45–50.
2. Носов Р. О. *Шляхи підвищення ефективності виготовлення спеціальних виробів типу тонкостінних оболонок складної геометричної форми з важкооброблюваних конструкційних матеріалів*: Магістерська робота. – ДонНТУ, 2024.
3. Petru J., et al. Precision Machining of Hard-to-Cut Materials Using CNC Systems // *Manufacturing Technology*, 2020, Vol. 20(3), pp. 365–373.
4. Benga G. C., Racz G. *Technological aspects regarding the grinding process of hard materials*. – *Procedia Engineering*, 2017, Vol. 181, pp. 979–985.
5. Gao Y., Zhao X., Sun J. *On Manufacturing Process of Guided Rocket Fairing*. – *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2023, 2460(1):012074.