

ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ОБОЛОНОК СКЛАДНОГО ПРОФІЛЮ ІЗ КРИХКИХ НЕМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

Тонкостінні складнопрофільні оболонки обертання із важкооброблюваних крихких неметалевих матеріалів (КНМ) типу технічних керамік і ситалів використовуються в різних конструкціях авіакосмічної, ракетної техніки, а також у якості корпусних елементів апаратів, призначених для глибоководних досліджень. Споживацькі властивості цих виробів визначаються умовами експлуатації і пов'язані з особливостями їх конструкції, характеристиками матеріалу і технологією виготовлення. До виробів цього класу (наприклад, антенних обтічників літаків і ракет, рис. 1) пред'являються високі вимоги за точністю форми (відхилення розміру товщини стінки $\pm 0,02$ мм), якістю поверхні, що формується (шорсткість по параметру $Ra \leq 0,1$ мкм), і відсутністю дефектності обробленої поверхні, внесеної під час механічної обробки.

Тому метою досліджень є обґрунтування і вибір ефективних технологічних способів формоутворення точних і якісних фасонних поверхонь у тонкостінних виробках – оболонках складної форми з важкооброблюваних крихких неметалевих матеріалів.

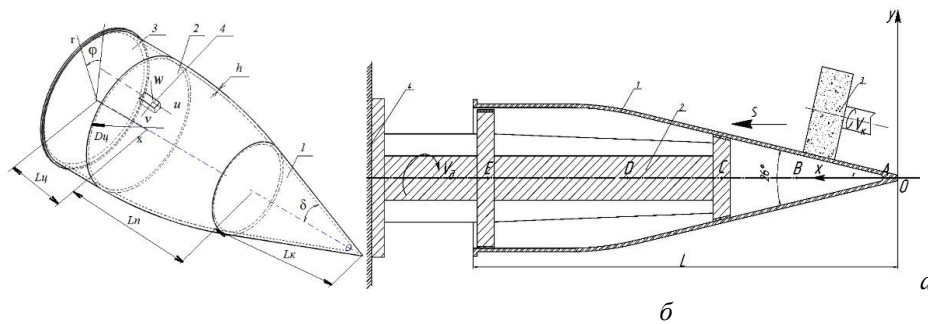


Рис. 1. Схеми деталі-представника – тонкостінної оболонки обертання з ситалу АС-418 (а) і операції шліфування її зовнішнього контуру (б),
де 1 – заготовка; 2 – затискне пристосування; 3 – шліфувальний круг;
4 – шпindelний вузол верстату

На рис. 1, а позначені наступні параметри деталі: 1 - конічна частина з кутом конусу 2δ і довжиною L_k ; 2 – криволінійна частина, за формою наближена до квадратичної параболи, довжиною L_n ; 3 – циліндрична частина довжиною L_u , діаметром D_u ; 4 – елемент оболонки з вказанням напрямку переміщення точки середньої поверхні в радіальному (w), тангенціальному (v) і осьовому (u) напрямках; h -товщина стінки деталі. Розглядалися умови оброблення деталей типорозміру $L/D_u = 3-4$, де L – загальна довжина оболонки до 1000 мм, D_u – до 350 мм, товщина стінки готового виробу h до $6 \pm 0,02$ мм при товщині стінки заготовки $h_3 = 15-20$ мм.

Якість виробів забезпечується на етапах отримання заготовки (відцентрове лиття), механічної обробки (алмазне шліфування і доводка абразивними брусками) і хімічної обробки (стравлювання в розчині концентрованих кислот залишків дефектного шару обробленої поверхні, що утворився після механічної обробки, з наступним її іонним зміцненням). Технологічний процес (ТП) механічної обробки передбачає багатоопераційну алмазно-абразивну обробку зовнішнього (див. рис. 1, б) і внутрішнього контурів виробів на універсальних токарних верстатах, оснащених агрегатною шліфувальною голівкою і системою прямого копіювання.

Із-за недосконалостей технології заготівельних операцій механічна обробка оболонки включає операції чорнового і чистового шліфування, на яких здійснюється попереднє (видалення за кілька проходів основного припуску, що досягає 10–15 мм на сторону) і остаточне формоутворення виробу; операції фінішної абразивної обробки, на яких забезпечується необхідний рівень шорсткості обробленої поверхні при мінімально можливій дефектності. При шліфуванні КНМ з метою збільшення продуктивності обробки в умовах видалення нерівномірного припуску застосовують глибоке шліфування з глибиною різання до 2 мм. Операції чорнового і чистового шліфування здійснюються алмазними кругами здебільшого з природних алмазів і зернистістю 315/250–200/160 і 125/100–63/50 відповідно, при досягненні шорсткості обробленої поверхні від Ra 3,2–1,25 (чорнове шліфування) до Ra 0,63–0,32 (на стадії чистового шліфування). Фінішна обробка включає операції доведення або притирання алмазними брусками або пастами, які реалізуються вручну, при забезпеченні шорсткості поверхні виробу Ra 0,08–0,04.

До основних технологічних проблем, що виникають на операціях алмазного шліфування оболонок обертання з КНМ, відносяться: нерівномірна жорсткість заготовки по довжині її обробки, що негативно впливає на сталість технологічної системи обробки і призводить до нерівномірності сил різання в процесі шліфування на різних ділянках профілю виробу; швидкий знос шліфувальних кругів (протягом 5–10 хв. роботи різальна здатність круга зменшується більш ніж в 10 разів); биття і огранка шліфувального круга; неприйнятний рівень вібрацій; наявність періодичної похибки обробленої поверхні – хвилястості, а також дефектності в підповерхневому шарі виробу після шліфування; низька продуктивність процесу механічної обробки, необхідність використання ручного труда.

Встановлено, що при шліфуванні великогабаритних порожнистих деталей – оболонок із КНМ виникають коливання двох видів: вимушені і автоколивання. Причини появи вимушених коливань це зовнішні збурення системи ВПД. Прикладами таких зовнішніх впливів можуть бути інерційні сили, що виникають внаслідок дисбалансу елементів верстату, оброблюваної заготовки, інструменту, а також недостатньою жорсткістю пристосувань, в тому числі системи копіїв, що забезпечують переміщення алмазної шліфувальної головки поздовж заготовки згідно з профілем деталі, як це відбувається в умовах виробництва. Заходи боротьби з вимушеними коливаннями - це усунення причин, що викликають силу, яка обурює їх. А саме: вибір раціональної схеми базування заготовки; конструкцій затискного пристосування і шпиндельного вузла агрегатної силової головки; забезпечення відсутності дисбалансу алмазних кругів; надійна ізоляція фундаменту верстатів і т.д.

Другий вид коливань - автоколивання, або вібрації, які самозбуджуються. При коливаннях такого типу джерело збудження знаходиться в самій системі, збудження носить постійний характер, і частота автоколивань визначається властивостями самої коливальної системи. Формування якісних показників поверхневого шару КНМ при механічній обробці визначається умовами контакту зерен алмазних інструментів і деталі, які супроводжуються різним ступенем силового і динамічного впливів на сформовану поверхню. Змінюючи схему обробки та режими шліфування, можна істотно впливати на характер взаємодії робочої поверхні круга з оброблюваною поверхнею заготовки за рахунок збільшення площі їх контакту і, як наслідок, змінювати демпфірування в системі інструмент – заготовка, а також в необхідному напрямку перерозподіляти припуск, що видаляється, уздовж твірної інструменту. Це дозволяє належним чином формувати силовий вплив на оброблювану поверхню за рахунок зміни умов роботи алмазних зерен, характеру їх зносу.

Виконані дослідження показали, що удосконалені підходи щодо забезпечення високої якості (зменшення шорсткості і дефектності оброблюваних поверхонь) виробів – оболонок із КНМ при обґрунтуванні раціональних умов їх обробки: належного верстатного обладнання, схем і режимів шліфування, характеристик інструментів, дають можливість комплексного технологічного керування точністю обробки і дефектністю сформованої поверхні за рахунок зміни рівня силового впливу на неї при різанні, сприятливих динамічних характеристик процесу (мінімум вібрацій при взаємодії інструменту і деталі). Це особливо важливо для забезпечення експлуатаційних характеристик виробів, наприклад, деталей літальних апаратів, при мінімальних витратах. Для зниження негативного впливу зносу алмазного круга на процес шліфування, який викликає збільшення похибки при профілюванні виробу, виникнення вібрацій за рахунок явищ дисбалансу круга і розвитку дефектного шару, рекомендовано здійснювати періодичну правку алмазних кругів, особливо перед реалізацією операцій чистового шліфування.

Незважаючи на отримані позитивні результати, подальше вдосконалення процесу механічної обробки обтічників, яке б повністю виключило наявність у ТП ручної праці і вплив людського фактору на забезпечення потрібних точності і якості обробки виробів, можливо в умовах роботи на автоматизованому обладнанні.

Виходячи з цього, було запропоновано змінити принцип обробки оболонок за рахунок використання сучасних верстатних систем з ЧПК, які дозволять відмовитися від принципу використання копіїв для формоутворення виробу і тим самим підвищити жорсткість системи. Для цього система ЧПК верстату повинна мати можливість сканувати внутрішній і зовнішній профілі заготовки перед обробкою для автоматичних розрахунків припуску на обробку і відповідних режимів різання. Також обов'язковими є наявність: системи зворотного зв'язку для відстеження відповідності реально отриманих розмірів і профілю виробів із заданими; системи автоматизованої правки алмазних кругів у залежності від їх зносу; системи автоматичної зміни шліфувальних кругів при переході на обробку ділянки профілю з наступними необхідними геометричними розмірами виробу (особливо при обробці внутрішнього контуру деталі).

Висновок. Обґрунтований вибір вхідних параметрів технологічного процесу механічної обробки деталей складного профілю з КНМ дозволяють зменшити зусилля різання, направлені на поверхню, що формується, стабілізувати динаміку процесу і через це зменшити глибину і покращити структуру порушеного обробкою шару. Автоматизація процесів механічної обробки таких деталей при використанні верстатів з ЧПК позитивно відіб'ється на точності і якості обробки, а також на її загальній трудомісткості, дозволить повністю відмовитися від операції ручної доробки, яка в умовах виробництва займає значну частину технологічного процесу і залежить від кваліфікації верстатника.