

компанії Renishaw, приймачем сигналу та інтерфейсу для зв'язку з системою ЧПУ верстату. Для програмування таких вимірювань система управління верстату повинна бути оснащена спеціалізованою CAI-системою (CAI, Computer Aided Inspection), наприклад PowerINSPECT OMV фірми Delcam, яка забезпечує програмування необхідних вимірювань та визначення траєкторій переміщення вимірювального щупу. Такі вимірювання забезпечують контроль дійсного просторового положення заданих поверхонь заготовки, передачу результатів цих вимірювань у систему управління верстату, яка за їх результатами вносить зміни в управляючу програму оброблення заданої деталі та реалізацію проміжного контролю розмірів заготовки після реалізації певного етапу оброблення поверхні та дають можливість вносити необхідні корективи в наступні етапи оброблення для досягнення заданих характеристик якості.

Використання віртуального базування дозволяє суттєво спростити конструкції верстатних пристроїв внаслідок звуження їх функцій до виконання тільки закріплення заготовок та часткового базування. Наприклад, при встановленні заготовки в універсальних тисках може бути реалізована тільки установча ТБ і затиск заготовки, а направляюча і опорна ТБ – за рахунок віртуального базування, тобто з урахуванням дійсного положення заготовки, при встановленні заготовок в універсальному патроні може бути реалізована тільки подвійна направляюча ТБ і затиск заготовки, а опорна ТБ – за рахунок віртуального базування.

Таким чином, віртуальне базування дозволяє перейти у більшості випадків до використання універсальних пристроїв, за рахунок чого усунути з технологічної підготовки виробництва етапи проектування та виготовлення пристроїв, а отже суттєво скоротити витрати часу, матеріальних та фінансових ресурсів на технологічне оснащення виробництва та підвищити його гнучкість. Крім того, воно дозволяє полегшити розв'язання задачі забезпечення заданої точності оброблення, за рахунок усунення похибок установки заготовок.

Список посилань

1. Біланенко В.Г. Базування в технологічних процесах оброблення різанням. / В.Г. Біланенко, В.П. Приходько // Матеріали 8-ї міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів і систем» ЧНТУ, Чернігів, 8-10 травня, 2018, – с.88-89.

УДК 621.91.01

Біланенко В.Г., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», victor_bilanenko@ukr.net

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБЛЕННЯ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Вироби з титанових сплавів забезпечують довготривалу та надійну роботу в складних умовах експлуатації сучасних літальних та космічних апаратів [1, 2], а також є стійкою тенденція до зростання їх застосування в суднобудуванні, вагонобудуванні та використання таких сплавів для відновлення життєздатності людей в медицині.

В порівнянні з традиційними вуглецевими та легованими сталями, титанові сплави мають сприятливі фізико-механічні характеристики, які забезпечують працездатність виробів в складних умовах експлуатації, а саме: достатньо високу міцність (наприклад, сплав ВТ6Л (Ti-6Al-4V) має границю міцності $\sigma_g = 882 \text{ МПа}$ [3], високу корозійну стійкість, малий коефіцієнт теплового розширення, який складає $\alpha = 8,35 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ [3] та значно меншу густину в порівнянні з конструкційними сталями, яка складає $\gamma = 4540 \text{ кг/м}^3$ [3], питому міцність, яку визначають відношенням характеристик міцності до густини для найкращих титанових сплавів складає (30-35), що майже вдвічі перевищує

питому міцність легованих сталей, а також високу роботоздатність виробів з цих матеріалів в широкому діапазоні робочих температур від (-290°C) до $(+600^{\circ}\text{C})$ [4].

Разом з тим, титанові сплави мають і певні негативні характеристики, які обумовлюють технологічні проблеми оброблення різанням до яких відносять:

- складну оброблюваність титанових сплавів різанням, яка практично аналогічна оброблюваності нержавіючих сталей аустенітного класу;
- низьку теплопровідність титанових сплавів, наприклад, титановий сплав ВТ6Л (Ti-6Al-4V) має коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 8,8 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, [3] а конструкційна сталь 45- $\lambda = 51,9 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, високий коефіцієнт тертя та адгезію, що обумовлює складну контактну взаємодію різальних інструментів з титановими сплавами та недостатню стійкість різальних інструментів;
- титанові сплави мають низький модуль пружності наприклад, титановий сплав ВТ6Л має модуль пружності $E=103 \cdot 10^6 \text{ Па}$ [3], а конструкційна сталь 45- $E=210 \cdot 10^6 \text{ Па}$ [3].

Проектування технологічних операцій оброблення різанням титанових сплавів передбачає послідовне вирішення типових технологічних завдань:

- визначення ефективного інструментального матеріалу різального інструменту, який може забезпечити оброблення заданого конструктивного матеріалу;
- визначення конструкції різального інструменту з урахуванням фізико-механічних характеристик оброблюваного матеріалу та умов оброблення;
- визначення ефективної форми різальної частини інструменту, яка забезпечує високу продуктивність оброблення та характеристики якості обробленої поверхні;
- визначення геометричних параметрів різальної частини інструменту;
- визначення оптимальних режимів різання для заданих умов оброблення.

У відповідності до міжнародної класифікації інструментальних матеріалів за групами оброблюваності, яка визначається стандартом ISO 513:2012 титанові сплави відносяться до групи оброблюваності S, яку додатково поділяють на 2 підгрупи S1-жароміцні сплави на основі нікелю та S2-титанові сплави. Для визначення інструментальних матеріалів, які можуть забезпечити ефективне оброблення титанових сплавів необхідно приймати до уваги особливості умов оброблення:

- титанові сплави зберігають характеристики міцності та твердості в широкому діапазоні температури різання, що обумовлює виникнення значно більшої сили різання в порівнянні з обробленням конструкційних сталей. Зростання сили різання обумовлює зростання роботи різання, теплоти різання, потужності різання та за певних характеристик верстату та різального інструменту може бути джерелом утворення вібрацій;
- зменшення довжина контакту стружки з передньою поверхнею різального інструменту обумовлює зростання навантажень на контактних поверхнях інструменту, зростання кута зсуву з незначними коефіцієнтами усадки стружки $K_1 \cong 1$, що може приводити до крихкого руйнування або пластичного деформування різальної частини;
- великі коефіцієнти тертя титанових сплавів з інструментальним матеріалом (0,3-0,6) та його низька теплопровідність обумовлює зменшення кількості теплоти, яка надходить в стружку та заготовку і зростання кількості теплоти в різальному інструменті;
- висока адгезійна здатність титанових сплавів приводить до налипання оброблюваного матеріалу на контактні поверхні різального інструменту, що викликає додаткове зростання коефіцієнту тертя та створює значні складнощі в забезпеченні характеристик якості обробленої поверхні за параметрами шорсткості;
- при обробленні титанових сплавів може спостерігатись зміцнення поверхневих шарів, що підвищує інтенсивність зношування робочих поверхонь різальних інструментів.

Для лезового оброблення титанових сплавів необхідно використовувати інструментальні матеріали високої міцності. Характеристики міцності швидкорізальних сталей (HSS) визначають їх придатність для оброблення титанових сплавів і такі матеріали використовуються для виготовлення токарних різців, осьових різальних інструментів (свердла, зенкери) та кінцевих монолітних фрез. Разом з тим, застосування таких інструментальних матеріалів в складних умовах оброблення титанових сплавів не може забезпечити високу продуктивність оброблення. Рекомендовані складові режиму різання змінюються в діапазоні: глибина різання $h=(0,5-3,0)$ мм, $S\leq 0,2$ мм/об, $V=(20-30)$ м/хв.

Для виготовлення змінних багатогранних пластин, які використовують в різальних інструментах для оброблення титанових сплавів необхідно використовувати одно карбідні тверді сплави групи ВК (WC+Co) достатньої міцності, переважно ВК8, ВК6-М. Сучасні металокерамічні тверді сплави для оброблення титанових сплавів виготовляються за вдосконаленими технологіями і забезпечують виготовлення сплавів малої зернистості, які мають високу адгезію до покривів, які наносяться на контактні поверхні різальних інструментів, формуванням різальних кромок з малими радіусами округлення $\rho=5-8$ мкм, що обумовлює зменшення ступеню пластичного деформування матеріалу в зоні різання, зменшення сили різання та теплоти різання, а також підвищення стійкості різальних кромок при дії високих контактних температур.

Застосування абразивних видів оброблення титанових сплавів має суттєві застереження, враховуючи низьку теплопровідність цих матеріалів.

Список посилань

1. Колачѐв Б.А. Титановые сплавы в конструкциях и производстве авиадвигателей и авиационно-космической технике / [Колачѐв Б.А., Елисеев Ю.С., Братухин А.Г., Талалаев В.Д. под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. А.Г. Братухина.] Москва: Изд-во МАИ, 2001. – 416 с.
2. Моляр А.Г., Конструкционные материалы в самолетостроении. / Моляр А.Г., Коцюба А.А., Бычков А.С., Нечипоренко О.Ю. – Киев : КВИЦ, 2015. – 400 с.
3. Илларионов А.Г. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов: учебное пособие. / А. Г. Илларионов, А. А. Попов. – Изд-во. Урал. ун-та, 2014. – 137 с.
4. Корбут Е.В. Особенности изнашивания инструмента при обработке титановых сплавов. / Е.В. Корбут, В.Ф. Лабунец // Проблемы тертя та зношування. – 2005. – № 55. – С. 83-93.

УДК. 621.91.01

Приходько В.П. канд. техн. наук, доцент,
Біланенко В.Г., канд. техн. наук, доцент,

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», privas@bigmir.net

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ БАЗ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ РОЗМІРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ДЕТАЛЕЙ

Вибір технологічних баз (ТБ) при розробленні технологічних процесів виготовлення деталей є важливим етапом, оскільки такий вибір, виконаний технологом, та схема розмірних зв'язків поверхонь деталі, задана конструктором, в значній мірі, визначатимуть послідовність оброблення поверхонь, можливість і економічність досягнення необхідної точності розмірів та відносного розташування поверхонь.

Процедури вибору, як загальних технологічних (чистових) баз, що є обробленими поверхнями, так і технологічних баз для першої операції (необроблені поверхні) у більшості випадків ґрунтуються на якісному аналізі поверхонь деталі, зокрема в знаходженні основних і допоміжних конструкторських баз (ОКБ і ДКБ). Такий підхід базується на припущенні, що саме вони є головними поверхнями відносно яких повинні бути зорієнтовані інші поверхні.