

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ БАГАТОКООРДИНАТНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Широке застосування в сучасному машинобудуванні високошвидкісних багатоцільових верстатів (БЦВ) призводить до появи можливості значного скорочення циклу обробки деталей і вузлів за рахунок об'єднання операцій технологічних процесів, скорочення машинного часу обробки при застосуванні принципів і стратегій високошвидкісного різання тощо. Не обійшли ці тенденції такі високотехнологічні і наукоємні галузі виробництва як авіадвигуно- і ракетобудування.

Основними особливостями деталей, що застосовуються у авіадвигунобудуванні є складна вихідна геометрія, високі вимоги до точності і шорсткості оброблених поверхонь. Приблизно 70% усіх відповідальних вузлів турбореактивних двигунів виготовляються із матеріалів, що відносяться до групи важкооброблюваних (S за класифікацією ISO 513:2014).

Виконання багатокоординатної обробки на БЦВ нерозривно пов'язано із необхідністю вирішення великої кількості технічних задач, серед яких: раціональне використання робочої зони верстата враховуючи необхідність обертання поворотних і переміщення рухомих вузлів; необхідність використання інструментальних оправок і інструментів з великим вильотом; постійна зміна величин частот власних коливань і амплітуди коливань переднього кінця шпindelного вузла в залежності від того, в якій частині робочої зони верстата відбувається обробка тощо.

Однією з найголовніших умов забезпечення оброблюваності важкооброблюваних матеріалів є висока динамічна якість металорізального обладнання, яка характеризується рівнем супротиву системи до виникнення коливань та ступенем впливу вимушених коливань на точність обробки і шорсткість оброблених поверхонь. Різання важкооброблюваних матеріалів супроводжується значним тепловиділенням, що значно знижує стійкість різального інструменту і призводить до його передчасного руйнування, а також збудженням коливань, які погіршують шорсткість оброблених поверхонь та зменшують період працездатності обладнання.

Однак висока динамічна якість технологічного обладнання не єдина передумова забезпечення оброблюваності важкооброблюваних матеріалів. Пристосування, що використовується для встановлення деталі на стіл верстата, значною мірою може впливати на показники його динамічної якості. За рахунок використання запропонованого у пристосування вдалось значно розширити кількість оброблених за одну установку поверхонь, забезпечити мінімальні вильоти різального інструменту і оправок, уніфікувати оснащення і відкинути необхідність виготовлення окремого пристосування для кожної деталі, перенести процес різання у більш сприятливу зону у межах робочої зони верстата.

Незважаючи на те, що більшість БЦВ оснащуються високошвидкісними шпindelними вузлами, максимальна частота обертання котрих сягає 40000 об/хв., а продуктивність різання сучасними інструментами значно підвищилась, важкооброблюваних матеріалів і надалі обробляються у нижньому діапазоні частот обертання шпинделя (до 2500 об/хв.). Висока в'язкість жароміцних матеріалів зумовлює обробку із значними силами різання, що в свою чергу вимагає забезпечення високої потужності мотор-шпинделя у нижньому діапазоні частот обертання. Зазначені особливості вимагають застосування нових підходів при призначенні режимів різання і підборі стратегій обробки. Одним із таких засобів підвищення продуктивності різання є використання принципів фрезерування із високими подачами. Особлива геометрія різального інструменту забезпечує можливість різання із подачами від 0,3 до 2 мм/зуб.

Наявність інформації щодо таких динамічних характеристик, як частоти власних коливань елементів верстата і амплітуди коливань збудження, дозволяє забезпечити оминання резонансних явищ при різанні важкооброблюваних матеріалів ще на етапі технологічної підготовки виробництва і розробки керуючих програм, що в свою чергу забезпечить значне зростання продуктивності обробки.