

АНАЛІЗ УМОВ ЗНИЖЕННЯ ВІБРОАКТИВНОСТІ ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ

Постійне зростання продуктивності процесів механічної обробки вимагає застосування нових інструментальних матеріалів, схем різання, конструкцій інструментів та інтенсифікації параметрів режиму різання. Суттєву роль у процесах обробки різанням плоских поверхонь деталей машин займає торцеве фрезерування. Одним із основних обмежень використання інтенсивних режимів обробки при торцевому фрезеруванні сучасними інструментальними матеріалами є зростання рівня самозбуджуваних автоколивань у зоні різання. Автоколивання не тільки знижують продуктивність та період стійкості фрези, але і погіршують якісні показники оброблених поверхонь.

Загалом, рівень коливальних процесів у зоні різання визначається різними джерелами, походженням та інтенсивністю коливань. Але саме автоколивання є особливо важко прогнозованими. Це обумовлено особливостями характеристик робочих процесів різання та тертя, нелінійністю самої технологічної обробної системи (ТОС), зовнішніми джерелами енергії неколивального характеру.

Причини виникнення автоколивань визначені на основі багатьох досліджень. А саме: запізнення сили різання відносно зміни товщини зрізаного шару, координатний зв'язок пружних деформацій обробної системи і процесу різання, падіння сили різання при підвищенні швидкості руху різального леза.

Важливим є аналіз умов зниження віброактивності для більш вузької області процесів обробки різанням, а саме процесу торцевого фрезерування, яке додатково ускладнює теоретичний аналіз обробної системи з багатолезовим інструментом. Процес торцевого фрезерування вносить в ТОС періодичні імпульсні впливи при вході та виході різальних лез, вплив непостійної сили різання як по напрямку, так і величині, в залежності від кута повороту фрези, дійсної кількості робочих різальних лез та сумарного поточного зрізаного шару.

Шляхи протидії вібраціям включають в себе підвищення вібростійкості та динамічної якості верстатів; застосування методів та засобів управління рівнем коливальних процесів у обробній системі з метою підвищення стійкості інструментів та продуктивності обробки різанням; використання вібростійких різальних інструментів та оснащення, вибір вібростійких сполучень параметрів режиму різання та інших умов обробки; застосування різного виду гасителів вібрацій.

Розглядаючи умови протидії вібраціям, важливим є визначити парціальний вплив на продуктивність, якість обробки та стійкість торцевої фрези виду та напрямку коливань домінуючої підсистеми ТОС.

Для випадку фрезерування комбінованою (масивною) фрезою, що суміщає чистову та напівчистову обробку і групову схему різання в якості домінуючої підсистеми, можна прийняти систему інструмента – шпindel-фреза. Якщо розглянути одномасову коливальну систему (рис. 1), то загалом, вона може виконувати коливання, що розкладаються на поперечні вздовж осей x та y , поздовжні по осі z , та крутильні Q_z навколо осі z .

Ймовірність виникнення, амплітудні та частотні характеристики кожного з вказаних видів коливань суттєво різні. Також неоднаковим є вплив їх на продуктивність, якісні показники обробки та стійкість фрези:

1. Ймовірність виникнення та вплив на процес обробки поперечних коливань вздовж осі x обумовлений співвідношенням характеристик коливальної системи та величини складової сили різання F_x у напрямку поздовжньої подачі. Поперечна жорсткість шпindelного вузла відносно поздовжньої суттєво нижча, а зміщення фрези при коливаннях безпосередньо впливають на зміну розмірів зрізаного шару, що запускає процес «розхитування» обробної системи (втрата усталеності за рахунок координатного зв'язку). У крайньому випадку це може приводити до втрати контакту лез фрези з поверхнею різання. Але навіть тоді вплив поперечних коливань на точність обробки (на розміри деталі по осі y) менш помітний. Він залежить від величини перекосу площини фрези (площини розташування вершин різальних елементів) відносно площини оброблюваної поверхні деталі – в першу чергу погіршується площинність та шорсткість обробки. Суттєве зростання амплітуди коливань може призводити до значного зниження стійкості фрези внаслідок зростання дійсного шляху різання кожного різального елемента та його втомлювального руйнування.

2. Можливість виникнення та вплив на процес обробки поперечних коливань вздовж осі z , зазвичай не розглядається, за рахунок їх сумування з крутильними коливаннями навколо осі y .

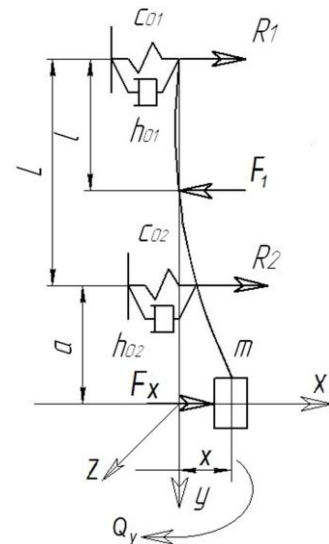


Рис. 1. Еквівалентна динамічна модель поперечних коливань

3. Крутильні коливання шпинделя з фрезою Q_z , завдяки більшому абсолютному значенню складової сили різання F_z та меншим крутильній жорсткості і демпфуванню коливальної системи в порівнянні з поперечними є домінуючими. Ймовірність їх виникнення також визначається співвідношенням характеристик коливальної системи та величиною і змінами складової сили різання F_z . Але амплітуда цих коливань практично не впливає на зміну розмірів зрізуваного шару, і відповідно, на «розхитування» обробної системи. Також зростання крутильних коливань практично не впливає на якісні показники обробки, але як і поперечні зменшує стійкість інструмента за рахунок зростання шляху різання та процесів втомлювального руйнування інструментального матеріалу.

4. Ймовірність виникнення та вплив на процес обробки поздовжніх коливань суттєво відрізняється від усіх раніше розглянутих. Більша осьова жорсткість шпиндельного вузла, а особливо стрибкоподібне зростання складової сили різання F_y , при випадковому поздовжньому зануренні інструмента в заготовку за рахунок участі великої кількості різальних елементів у процесі обробки, практично унеможливує «розхитування» обробної системи у напрямку осі y . Це є суттєвою відмінністю розвитку автоколивального процесу при точінні однолезовим інструментом і торцевому фрезеруванні багатолезовим. Відповідно, суттєво менша амплітуда осьових коливань фрези менше впливатиме на зниження її стійкості, ніж поперечні коливання, але безпосередньо погіршуватиме параметри точності та шорсткості обробки, відображаючись на обробленій поверхні у співвідношенні 1:1.

На підставі виконаного аналізу ймовірності та причин виникнення автоколивань у підсистемі інструмента, можна зробити висновки щодо умов зниження віброактивності процесів торцевого фрезерування:

- для підвищення продуктивності та показників якості обробки (перш за все – геометричної точності розмірів, шорсткості та хвилястості) основною умовою є максимальне демпфування за всіма осями підсистеми інструмента; жорсткість по осі y повинна бути найбільшою;

- для підвищення стійкості інструментів обов'язковою умовою є максимальне демпфування і мінімізація узагальнюючого параметра:

$$C = \sum_{i=1}^n f_i \cdot A_i, \quad (1)$$

де f_i – частота i -тих коливань, A_i – їх амплітуда.

- збільшення амплітуди крутильних коливань фрези (навколо осі y) є найбільш прийнятним у порівнянні з коливаннями поперечними (по осі x) чи поздовжніми, тому що вони поглинають енергію, що надходить у коливальну систему, не «розхитуючи» останню, і відповідно, сприяють підвищенню її вібростійкості.