**Ємельяненко Сергій Сергійович. Підвищення ефективності процесу кінцевого фрезерування шляхом забезпечення динамічної стійкості технологічної системи : Дис... канд. наук: 05.03.01 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Ємельяненко С.С. Підвищення ефективності процесу кінцевого фрезерування шляхом забезпечення динамічної стійкості технологічної системи. –Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2008.  У дисертації розроблена прогнозуюча модель силової взаємодії зуба фрези із заготовкою, яка може бути використана для фрез з прямим зубом, гвинтовим зубом і фрез з механічним кріпленням твердосплавних непереточуваних пластин. Дана модель враховує можливість фрезерування при різанні одночасно декількома зубами, вплив швидкості різання на силу різання і сталу часу стружкоутворення, нелінійну залежність сили різання від товщини зрізу, запізнювання сили різання стосовно товщини зрізу. Адекватність моделі була підтверджена шляхом порівняння теоретичної границі динамічної стійкості з границею, яка була отримана експериментально. При цьому встановлено, що лише 15% експериментально перевірених точок не збігаються з прогнозованою межею динамічної стійкості. | |
| |  | | --- | | 1. Для підвищення ефективності процесу чорнового кінцевого фрезерування виконане теоретичне дослідження, яке дозволило спрогнозувати динамічну стійкість технологічної системи з урахуванням податливості всіх її елементів, конструкції кінцевої фрези, нелінійної залежності сили різання та постійної часу стружкоутворення від товщини зрізу та швидкості різання. Зазначені параметри силової взаємодії зубця фрези із заготовкою і сталу часу стружкоутворення запропоновано визначати за допомогою імітаційного моделювання процесу різання за діаграмою зростання сили різання. Для визначення динамічної податливості технологічної системи розроблена спеціальна експериментальна установка, яка дає можливість урахувати всі елементи технологічної системи. При цьому експериментальна оцінка динамічної стійкості технологічної системи проводиться за результатами аналізу сигналу акустичного випромінювання процесу кінцевого фрезерування.  2. У результаті аналізу вітчизняних і зарубіжних публікацій, присвячених сучасному стану питання про підвищення динамічної стійкості процесу кінцевого фрезерування, встановлено, що одним з найбільш істотних чинників, які впливають на коливання технологічної системи, є режими різання. Встановлено, що найбільш простим і поширеним методом забезпечення динамічної стійкості технологічної системи є прогнозування областей режимів різання динамічно стійкого кінцевого фрезерування за допомогою аналізу діаграм динамічної стійкості технологічної системи.  3. Розроблені узагальнена математична модель і алгоритм розрахунку для побудови діаграми динамічної стійкості кінцевого фрезерування для фрез із прямими зубцями, з гвинтовими зубцями, з плоским та сферичним торцями, у тому числі і із змінними непереточуваними пластинами. На відміну від відомих рішень розроблений алгоритм може бути використаний для прогнозування межі динамічної стійкості при фрезеруванні в умовах, коли відбувається різання одночасно декількома зубцями фрези. У моделі також враховано вплив швидкості різання на силу різання і постійну часу стружкоутворення, нелінійна залежність сили різання від товщини зрізу, запізнювання сили різання стосовно зміни товщини зрізу.  4. Визначення питомої сили різання і сталої часу стружкоутворення запропоновано здійснювати методом імітаційного моделюванням процесу різання методом кінцевих елементів. Проведені дослідження впливу різних чинників на сталу часу стружкоутворення показали, що лише швидкість різання, коефіцієнт тертя, товщина зрізу і співвідношення товщини зрізу до радіуса округлення різальної кромки значно впливають на величину цього показника.  5. Розроблена експериментальна методика визначення передавальної функції технологічної системи за допомогою вимірювання переміщення технологічної системи, що виникає під впливом імпульсного навантаження. На відміну від відомих дана методика дозволяє визначити передавальну функцію технологічної системи в комплексній формі з урахуванням властивостей усіх елементів верстата, пристосування та інструменту.  6. Розроблена експериментальна методика оцінки динамічної стійкості процесу кінцевого фрезерування за спектром потужності спектральної щільності сигналу акустичного випромінювання процесу фрезерування. Для вирішення цього завдання розроблені експериментальна установка і методика прийому, перетворення, реєстрації і обробки акустичного випромінювання процесу кінцевого фрезерування. Виявлений зв'язок між спектром сигналу акустичного випромінювання і коливаннями технологічної системи. Виявлені діапазони частот спектру сигналу акустичного випромінювання вимушених коливань (20-130 Гц) та автоколивань (1500-5000 Гц) технологічної системи. Вперше експериментально доведено, що процес кінцевого фрезерування динамічно стійкий до автоколивань лише у тому випадку, якщо амплітуда коливань в діапазоні частот від 150 до 3000 Гц на частотах, не кратних частоті зустрічі зубців фрези із заготовкою, не більше амплітуди коливань на частотах, кратних частоті зустрічі зубців фрези із заготовкою.  7. Адекватність моделі підтверджена методом порівняння діаграм динамічної стійкості, розрахованих для випадку оброблення сталі 45 на верстаті 6Р13Ф3 з системою числового програмного керування 2С42-65 кінцевою фрезою із змінними непереточуваними пластинами МС137 з результатами експерименту в діапазоні частот обертання шпинделя від 630 до 2000 об/хв, глибин фрезерування від 5 до 40 мм, ширини фрезерування від 10 до 40 мм при подачі 0,12 мм/об. При цьому встановлено, що межа динамічної стійкості, отримана за результатам моделювання, дійсно проходить або між експериментальними точками діаграми, в одній з яких спостерігається динамічно стійке фрезерування, а в іншій – динамічно нестійке, і область динамічної стійкості розміщується під межею динамічної стійкості. Крім того, встановлено, що лише 15% експериментально перевірених точок не збігаються з прогнозованою межею динамічної стійкості.  8. Проведені обчислювальні експерименти з вивчення впливу виду фрезерування, величини динамічної податливості технологічної системи, сталої часу стружкоутворення *Тр*, швидкості різання *V*, глибини різання *t*, кута нахилу гвинтової лінії зубця фрези *w*, кількості зубців *N*, симетричності фрезерування. Зокрема, вперше показано, що запізнювання зміни сили стосовно товщини зрізу є збудником автоколивань у системі при малих значеннях сталої часу стружкоутворення *Тр*і погашувачем автоколивань при величинах *Тр*, сумірних з періодом автоколивань. Також встановлено, що швидкість різання має істотний вплив на *Тр*, сприяє збільшенню динамічної стійкості процесу фрезерування при малих частотах обертання шпинделя.  9. Практичне застосування теоретичне дослідження показане на прикладі оптимізації режимів різання для оброблення лопатки компресора з метою мінімізації основного часу оброблення. Економічний ефект від впровадження розроблених рекомендацій в Експериментальному студентському науково-дослідному інституті СумДУ при виконанні робіт за договорами із ЗАТ «РОТОР» (м. Суми) склав 7849 грн. | |