

ДИНАМІЧНА СТІЙКІСТЬ ВІДРІЗНИХ ТА ПРОРІЗНИХ ФРЕЗ

З метою дослідження проблем працездатності відрізних та прорізних фрез було здійснено комп'ютерне моделювання процесу фрезерування для всього діапазону їх конструктивних розмірів та при рекомендованих значеннях режимів різання згідно з ГОСТ 2679-93. За допомогою пакета прикладних програм імітаційної моделі процесу оброблення дисковими фрезами визначено інтервали конструктивних розмірів фрез, що характеризуються високою, а також недостатньою динамічною стійкістю в результаті кінематичного збудження згинних коливань силами різання. Таким чином, встановлено, що динамічна стійкість не є єдиним обмежуючим фактором при оцінці працездатності відрізних та прорізних фрез у всьому діапазоні їх конструктивних розмірів.

Ключові слова: відрізні фрези; прорізні фрези; динамічна стійкість.

Постановка проблеми. Виробнича практика вказує на недостатню працездатність відрізних та прорізних фрез, про що свідчить значний відсоток повної відмови в результаті руйнування їх диска. Це призводить до зростання витрат на інструмент та відсотка браку продукції, що, в свою чергу, підвищує її собівартість.

Наукові напрацювання та практичний досвід щодо недостатньої працездатності дискових фрез ґрунтуються переважно на дослідженні та аналізі динамічних характеристик процесу оброблення. Вітчизняними та іноземними науковцями досліджені питання динамічної стійкості дискових фрез діаметром понад 200 мм при кінематичному збудженні поперечних коливань силами різання, проте ґрунтовних досліджень у цьому напрямку для всього діапазону конструктивних розмірів фрез проведено не було.

Таким чином, підвищення працездатності відрізних та прорізних фрез за рахунок досягнення такого їх стану, який не створює передумов до повної відмови, є актуальним науково-технічним завданням сучасного машинобудівного виробництва. Воно може бути вирішене реалізацією результатів досліджень динамічного стану диска фрез від дії сил різання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням дослідження динамічних характеристик дискових фрез присвячено роботи Н.С. Равської, А.С. Бабенка, О.О. Боронка, В.Г. Панчука, Р.Лороха, О.В.Семьонова, Ю.М. Стахієва, А.Ю. Карпачева, Ю.Алтітаса, Н.Фана, К.Мота, Ч.Кваянга та ін.

У роботах [1–6] встановлено, що завдання про вимушені згинні коливання дискової фрези в результаті кінематичного збудження силами різання може бути вирішене шляхом розкладання за власними формами коливань на основі визначення спектра власних частот і форм коливань фрези. При цьому автори розглядають фрезу як кільцеву пластину, яка жорстко затиснена по внутрішньому діаметру.

У результаті пошуку програмних продуктів, що дозволяють визначати динамічні характеристики дискових фрез в процесі оброблення, було встановлено, що для визначення миттєвих значень складових сил різання, статичної та динамічної їх складових, кількості зубців фрези, що беруть участь в різанні в даний момент часу, а також амплітудно-частотних характеристик фрез та критерію їх динамічної стійкості, доцільно застосовувати програму динамічного аналізу процесу оброблення дисковими фрезами [3].

Мета дослідження. Якісна оцінка динамічної стійкості відрізних та прорізних фрез у всьому діапазоні їх конструктивних розмірів відповідно до ГОСТ 2679-93.

Викладення основного матеріалу. Відрізні та прорізні фрези для оброблення виробів зі сталі та чорних металів виготовляють відповідно до ГОСТ 2679-93 [7], вони призначені для прорізання прямих шліців пазів та відрізних робіт.

Втрата працездатності відрізних та прорізних фрез може наставати через поступову відмову в результаті втрати стійкості, виробничу відмову в результаті незадовільної якості та точності оброблення, часткову відмову в результаті несправності частини зубця та повну відмову в

результаті руйнування диска фрези. Причому, повна відмова є критичною і не передбачає можливості відновлення різальної здатності фрези.

У результаті торцевого биття та перекосу фрези на оправці має місце зміщення та поворот її бічних поверхонь відносно серединної площини. У цьому випадку в результаті контакту бічної поверхні фрези з бічною поверхнею оброблюваного пазу виникає згинання інструменту. Завдяки змінній товщині фрези (за рахунок допоміжного кута в плані) цей контакт здійснюється по зовнішньому ободу, який утворений з вершин зубців. Тому взаємодія, що виражається в періодичному процесі згинання фрези в результаті її обертання, є кінематичним збудженням згинних коливань фрези [1].

Математична модель кінематичного збудження згинних коливань дискових фрез від дії сил різання, на якій ґрунтується математичне забезпечення програми динамічного аналізу процесу обробки дисковими фрезами, враховує сили інерції, абсолютне переміщення і сили пружності відносного переміщення та описується рівнянням згинних коливань [3]:

$$D \Delta \Delta \omega^r + \rho h \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = 0, \quad (1)$$

де $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ – циліндрична жорсткість, Н·м; h – товщина фрези, м; ρ – густина, кг/м³; ω – абсолютне переміщення, м; Δ – оператор Лапласа.

Як порівняльну оцінку динамічної стійкості дискових фрез автори пропонують використовувати коефіцієнт наростання амплітуди вимушених коливань фрези, що є критерієм динамічної стійкості дискових фрез:

$$Cr = \frac{C_j p_j^2}{w_i^2 - p_i^2}, \quad (2)$$

де C_j – амплітуда j -ої гармоніки збуджуючої сили; p_i – її кругова частота; ω_i – власні кругові частоти фрези.

Збуджуюча (поздовжня) сила визначається як рівнодійна сил різання подачі $P_z(t)$ та відтискання $P_n(t)$, які діють в площині фрези [3]:

$$P_z(t) = \sqrt{P_x(t)^2 + P_n(t)^2}. \quad (3)$$

Розрахунок спектра збуджуючої сили ґрунтується на амплітудно-частотному аналізі поздовжньої сили різання. Періодичну функцію знаходять у вигляді ряду Фур'є:

$$f_z(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{j=1}^J a_j \cos j p_0 t + \sum_{j=1}^J b_j \sin j p_0 t. \quad (4)$$

де a_j та b_j – коефіцієнти; p_0 – кругова частота основної гармоніки; j – вища гармоніка.

За допомогою пакета прикладних програм імітаційної моделі процесу оброблення дисковими фрезами було проведено комп'ютерне моделювання процесу відрізання та оброблення пазів дисковими фрезами з рекомендованими значеннями режимів різання [7], в результаті якого визначено діапазон конструктивних розмірів фрез (рис. 1), що характеризуються високою динамічною стійкістю (критерій динамічної стійкості дорівнює 0). До них належать фрези довільної товщини діаметром до 50 мм, фрези товщиною понад 0,3 мм діаметром 63 мм, товщиною понад 1,2 мм діаметром 80 мм, товщиною понад 2 мм діаметром 100 мм, товщиною понад 4 мм діаметром 125 мм та товщиною понад 5 мм діаметром 160 мм.

Як видно з рисунку 1, динамічна стійкість не є єдиним обмежуючим фактором при оцінці працездатності відрізних та прорізних фрез у всьому діапазоні їх конструктивних розмірів, оскільки в ряді випадків їх власні частоти знаходяться в області високих частот і значно перевищують частоти основних гармонік збуджуючих коливань [3].

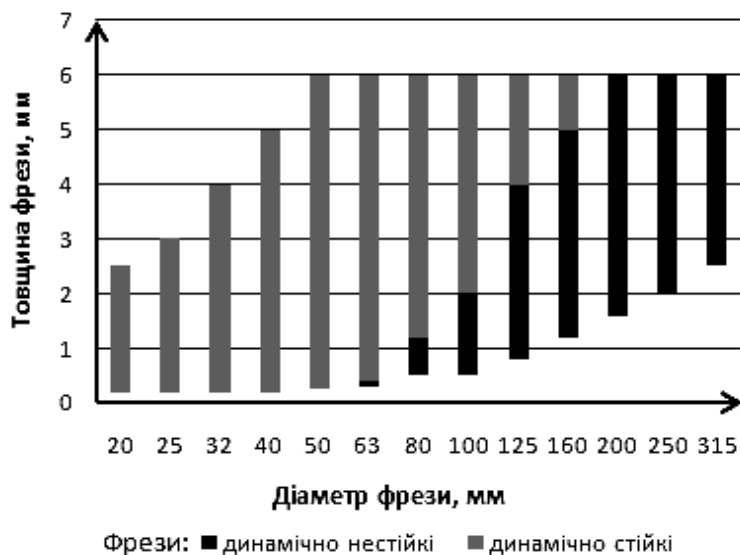


Рис. 1. Якісна оцінка динамічної стійкості відрізнних та прорізнних фрез у всьому діапазоні конструктивних розмірів

Висновки. У результаті комп'ютерного моделювання процесу оброблення дисковими фрезами за рекомендованих значень режимів різання визначено діапазон конструктивних розмірів фрез, що характеризуються високою, а також недостатньою динамічною стійкістю. Встановлено, що динамічна стійкість не є єдиним обмежуючим фактором при оцінці працездатності відрізнних та прорізнних фрез у всьому діапазоні їх конструктивних розмірів. Таким чином, виникає необхідність дослідження напружено-деформованого стану диска відрізнних та прорізнних фрез від дії сил різання, як ще одного фактора, що обумовлює їх працездатність.

Список використаної літератури:

1. Боронко О.А. Метод расчета вибрационных процессов машиностроительных конструкций : дис. ... докт. техн. наук : 05.02.09 / О.А. Боронко. – К., 2003. – 267 с.
2. Лорох Л. Повышение работоспособности дисковых пил при отрезке грубых заготовок : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01. / Л.Лорох. – К., 1998. – 231 с.
3. Панчук В.Г. Теоретичні основи проектування відрізнних фрез : дис. ... докт. техн. наук : 05.03.01 / В.Г. Панчук. – К., 2009. – 285 с.
4. Определения критерия динамического состояния дисковой пилы / Н.С. Равская, А.Е. Бабенко, О.А. Боронко та ін. // Вестник НТУУ «КПИ» / Серия : Машиностроение. – 1998. – № 33. – С. 157–162.
5. Равская Н.С. Оценка конструкции дисковых пил по критерию их динамического состояния / Н.С. Равская, А.Е. Бабенко, О.А. Боронко // Вестник НТУУ «КПИ» / Серия : Машиностроение. – 2000. – № 39. – С. 14–18.
6. Семенов А.В. Разработка дисковых пил с неравномерным шагом : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / А.В. Семенов. – К., 1998. – 194 с.
7. Фрезы прорезные и отрезные. Технические условия : ГОСТ 2679-93. – [Введ. 01.07.97]. – К. : Госстандарт Украины, 1996.

БАЛИЦЬКА Наталія Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій машинобудування Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- теорія проектування дискових фрез;
- процеси фрезерування;
- підвищення працездатності різальних інструментів.

Стаття надійшла до редакції 22.07.2015