

УДК 621.914.1

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ КОНЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

© 2018 Г.В. Соколов, А.Н. Жидяев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

STABILITY ANALYSIS OF END MILLING CUTTING PROCESS

Sokolov G.V., Zhidyayev A.N. (Samara National Research University Samara, Russian Federation)

The paper reviews different methods of chatter stability analysis of milling process. 2-DOF analytical zeroth order approximation method of chatter stability is applied for end milling. Several approaches of defining tool-holder-spindle FRFs are given.

Динамика процессов резания является одним из важнейших вопросов в повышении эффективности механической обработки. Вибрации, или автоколебания, как показатель потери устойчивости системы, могут приводить к преждевременному износу инструмента, снижению качества обработанной поверхности, снижению размерной точности и появлению шума [1]. Поэтому важной задачей на этапе проектирования операции механической обработки является анализ системы на устойчивость с целью выбора таких параметров резания, при которых исключается или минимизируется возможность возникновения вибраций.

Любое отклонение скорости резания, подачи или толщины срезаемого слоя приводит к изменению силы резания. Одна из главных причин появления автоколебаний заключается в задержке изменения силы резания вследствие отдаления и сближения инструмента и заготовки в процессе обработки.

Существует два основных способа исследования вибраций при механической обработки: экспериментальный и с помощью математического моделирования. Первый является более затратным, так как требует наличия специального измерительного оборудования, а также проведения большого числа опытов для точного анализа динамики системы, что обусловлено множеством сочетаний параметров режима резания. Методы математического моделирования, несмотря на определенные упрощения и, как следствие, неточности, экономичнее экспериментов как по затратам средств, так и по затратам времени.

Механизмы автоколебаний при математическом моделировании описываются

дифференциальными уравнениями с запаздывающим аргументом (ДУЗА), решение которых является весьма сложной задачей [2]. Среди методов моделирования необходимо выделить численное и аналитическое моделирование.

Численные методы применяются при рассмотрении сложных динамических процессов и учитывают нелинейные изменения глубины и сил резания, взаимное положение инструмента заготовки и т.д. С их помощью можно получить наиболее точное решение, однако полное описание условий обработки в численном моделировании представляет собой трудоёмкую задачу.

Суть аналитических методов заключается в упрощении исходных ДУЗА до уравнений или системы уравнений, содержащих одну или несколько переменных. Несмотря на неполноту описания динамической системы, аналитические методы применяются чаще всего при анализе устойчивости механической обработки.

В данной работе рассматривается метод анализа устойчивости при концевом фрезеровании, разработанный Altintas Y. и Budak E. и основанный на решении ДУЗА для системы с 2-мя степенями свободы в нулевом приближении [3]. Схема фрезерования показана на рис. 1.

Исходными данными для нахождения границ устойчивости являются:

- D – диаметр инструмента;
- b_r – радиальная глубина резания;
- K_t , K_r – коэффициенты резания, зависящие от свойств обрабатываемого материала;

– G_x, G_y , – функции податливости системы инструмент-оснастка-шпиндель в направлении x и y , соответственно.

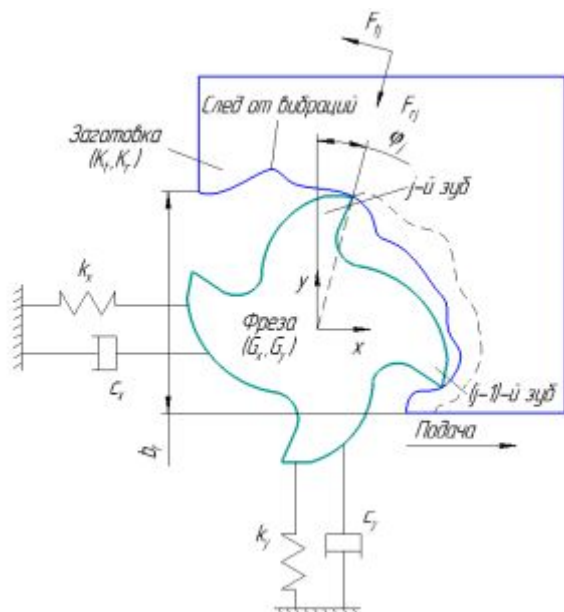


Рис. 1. Схема концевой фрезерования [3]

Определение податливости – наиболее сложная задача при исследовании динамики обработки. Среди множества методов её решения следует выделить экспериментальный, численный и комбинированный [4]. Первый требует наличия специализированного оборудования (динамометры, импульсные молотки), а также контактных или оптических измерительных приборов, однако при этом гарантирует высокую точность. Методы численного моделирования позволяют найти функции податливости путём аналитических или САЕ-расчётов. При этом неизбежна погрешность ввиду невозможности учесть все свойства рассматриваемых систем. В комбинированных методах сочетаются измерения параметров на станке с численным или аналитическим моделированием.

В данной работе функции податливости системы инструмент-оснастка найдены при помощи конечно-элементного расчёта в программе COMSOL Multiphysics (рис. 2). При этом учитывается влияние напряжённо-деформированного состояния металла вследствие посадки инструмента в патрон с натягом.

По результатам моделирования и исходным параметрам построены диаграммы

устойчивости при концевом фрезеровании (рис. 3).

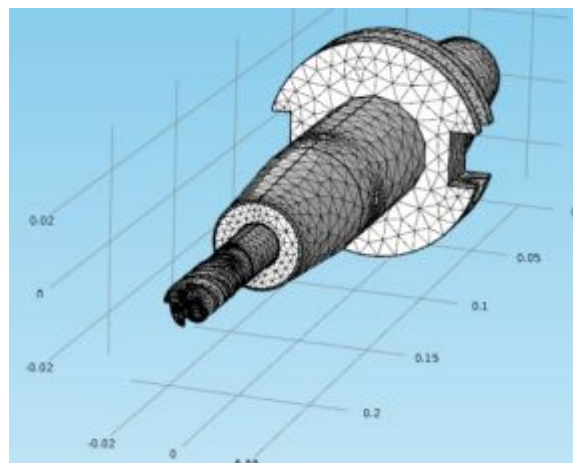


Рис. 2. Конечно-элементная модель

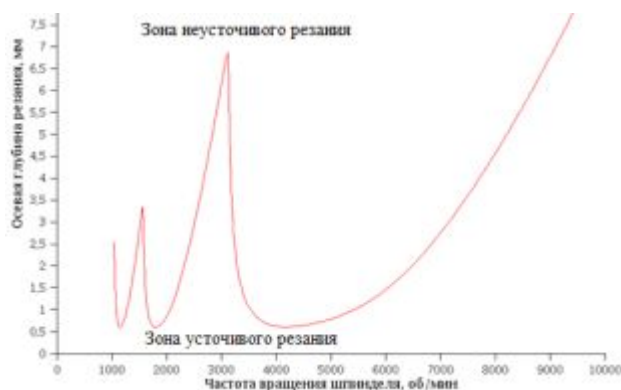


Рис. 3. Диаграммы устойчивости

На дальнейших этапах исследования будет рассмотрено влияние непостоянства коэффициентов K_t, K_r и их зависимости от скорости резания.

Библиографический список

1. Жарков, И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом / И.Г. Жарков. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986. – 184 с.
2. Ding H., Ding Y., Zhu L.M. On time-domain methods for milling stability analysis. Chin Sci Bull, 2012, 57: P. 4336-4345.
3. Altintas Y., Budak E. Analytical prediction of stability lobes in milling. CIRP Ann Manuf Technol 44(1), 1995: P. 357-362.
4. David A. Stephenson, John S. Agapiou Metal Cutting Theory and Practice // CRC Press New York, 2016. – 932 p.