

БИФУРКАЦИИ ПРИТЯГИВАЮЩИХ МНОЖЕСТВ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СМЕЩЕНИЙ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ БИЕНИЙ ШПИНДЕЛЬНОЙ ГРУППЫ

В. Л. Заковоротный, В. Е. Гвинджилия

Донской государственный технический университет

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1

E-mail: vzakovorotny@dstu.edu.ru, sinedden@yandex.ru

Поступила в редакцию 11.08.2017, после доработки 28.10.2017

Предмет исследования. В статье рассматриваются бифуркации притягивающих множеств деформационных смещений инструмента в динамической системе обработки резанием на токарных станках в зависимости от периодических траекторий биений шпиндельной группы. Динамическая система представлена двумя взаимодействующими механическими подсистемами через динамическую связь, формируемую процессом резания. В свою очередь, связь представляется моделью сил в координатах состояния, траекториях исполнительных элементов и траекториях биений шпиндельной группы. Модель этой связи является нелинейной. Поэтому свойства системы (устойчивость траекторий и формируемые притягивающие множества деформационных смещений) зависят от параметров биений. В такой системе не только создаются условия для параметрического самовозбуждения, но и формируются зависящие от параметров биений различные притягивающие множества деформационных смещений (предельные циклы, инвариантные торы, хаотические аттракторы).

Обоснование обращения к исследованию данного вопроса. Возмущения со стороны шпиндельной группы, зависящие от точности станка и его состояния, при обработке детали вызывают формирование различных притягивающих множеств деформационных смещений инструмента, которые изменяют траектории формообразующих движений инструмента относительно детали, влияющие на геометрическую топологию формируемой поверхности. Исследование направлено на раскрытие влияния динамики процесса резания в единстве параметров биений и формируемых притягивающих множеств на геометрическую топологию обрабатываемой поверхности детали, определяя ее соответствие заданным технологическим требованиям.

Метод исследования. Свойства притягивающих множеств деформационных смещений и законы их формирования изучаются на основе цифрового моделирования. Для этого предложена математическая модель возмущенной системы.

Новизна. В отличие от ранее выполненных исследований в статье анализируется изменение притягивающих множеств в зависимости от параметров биений. Математическая модель системы представлена возмущенной, а силы представляются в виде суммы сил, действующих на переднюю поверхность инструмента, и сил, формируемых в области контакта его задних граней.

Полученные результаты. Показаны примеры влияния биений шпиндельной группы на притягивающие множества деформационных смещений системы, также представлены бифуркации системы в зависимости от параметров возмущения.

Выводы. По мере изменения параметров возмущения происходит сложное преобразование притягивающих множеств, поэтому при управлении процессом резания, а также при создании

программ ЧПУ необходимо учитывать влияние возмущения на предельно достижимое качество изготовления деталей.

Ключевые слова: Бифуркация, притягивающие множества, динамическая режущая система, биения шпиндельной группы.

DOI: 10.18500/0869-6632-2017-25-6-38-56

Образец цитирования: Заковоротный В.Л., Гвинджилия В.Е. Бифуркации притягивающих множеств деформационных смещений режущего инструмента в зависимости от биений шпиндельной группы // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2017. Т. 25, No 6. С. 38–56. DOI: 10.18500/0869-6632-2017-25-6-38-56

BIFURCATIONS OF ATTRACTING SETS OF DEFORMATION DISPLACEMENT OF CUTTING TOOL DEPENDING ON THE SPINDLE GROUP BEATS

V. L. Zakovorotny, V. E. Gvinjiliya

Don State Technical University

1 Gagarin sq., 344000 Rostov-on-Don, Russia

E-mail: vzakovorotny@dstu.edu.ru, sinedden@yandex.ru

Received 11.08.2017, revised 28.10.2017

Subject of the study. The bifurcations of the attracting sets of the deformational displacement of the tool in the dynamic system of the turning machine depending on the beats periodic trajectory of the spindle group are considered in the article. The dynamic system is represented by the two interact mechanical subsystems through the dynamic link formed by the cutting process. Through the link is represented by the forces model in the coordinate condition, the trajectories of the executive elements and the trajectories of the spindle beats group. The model of this link is nonlinear. Therefore the system characteristics (stability of the trajectories and the forming attracting sets of the deformational displacement) depend on the parameters of the beats. In this system not only the conditions for the parametrical self-excitation are created but the different attracting sets of the deformation displacement (limit cycles, invariant tori, chaotic attractors) depending on the parameters of the beats are formed.

Substantiation of address to studying of this question. The disturbances by the spindle group depending on the accuracy and condition of the machine cause formation of the various attracting sets of the deformational displacement of the tool during work-process of the detail. These deformational displacements change the shape-generating trajectories of the tool movement relative to the part which influence the geometric topology of the forming surface. The research intends to discover the influence of the dynamic of the cutting process in the unity of the parameters of the beats and the attracting sets with the geometric topology of the work surface of the detail determined its consistency with the specified technological requirements.

Method of research. The characteristics of the attracting sets of the deformational displacement and the laws of its formation are studied on the basis of the digital simulation. The mathematical model of the perturbed system was proposed for this purpose.

Novelty. In contrast to previously done researches the transformation of the attracting sets of the deformational displacement depending on the parameters of the beats are analyzed in the article. The mathematical model of the system is performed as perturbed, the forces are the sum of the forces acted on the front surface of the tool and forces formed in the contact area of the its back side plane.

Results. The instance of the influence of the beats of the spindle group with the attracting sets of the deformational displacement of the system are presented, the bifurcations of the system depending on the parameters of the disturbance are also represented.

Conclusions. The complicated transformation of the attracting sets takes place while parameters of the disturbance changes. Therefore it's necessary to consider the effect of perturbations on attainable quality of the detail during controlling of the cutting process and in a process of CNC program creation.

Keywords: Bifurcation, attracting sets, dynamic cutting system, beats of the spindle.

DOI: 10.18500/0869-6632-2017-25-6-38-56

References: Zakovorotny V.L., Gvinjiliya V.E. Bifurcations of attracting sets of deformation displacement of cutting tool depending on the spindle group beats. Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics. 2017. Vol. 25. Issue 6. P. 38–56. DOI: 10.18500/0869-6632-2017-25-6-38-56