

перепадов в диаметрах, при этом особенно низкая точность измерения перепада $\Delta_{\text{дет}}$.

В связи с этим авторами предложен новый метод определения динамической жесткости системы СДИ при резании металлов, исключая вышеприведенные недостатки.

Л и т е р а т у р а

1. Колев К.С., Колев Н.С. О динамической жесткости технологической системы. – Вестник машиностроения, 1960, № 2. 2. Скраган В.А. Производственный метод определения жесткости металлорежущих станков. – М., 1950. 3. Якимов А.В., Казимирчик Ю.А. Оценка производственных методов определения жесткости металлорежущих станков. – В сб.: Изв. вузов. Машиностроение, 1962, № 2. 4. Кораблев П.А. Точность обработки на металлорежущих станках в приборостроении. – М., 1962. 5. Корсаков В.С. Точность механической обработки. – М., 1961. 6. Скраган В.А., Домажидов А.П. Устройство для контроля жесткости токарных станков производственным методом. – В кн.: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф.: "Жесткость машиностроительных конструкций". Брянск, 1976. 7. Колев К.С. Вопросы точности при резании металлов. – М., 1961.

УДК 621.822.6

И.П.Филонов, канд. техн. наук (БПИ),
В.И.Клевзович, инженер (БПИ)

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО РАССЕИВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ПРИВОДЕ ПОДАЧ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

При расчете реальных механических систем существенными факторами, влияющими на прочность, надежность и долговечность колеблющихся элементов, являются энергетические потери в системе. Причинами, приводящими к энергетическим потерям, являются: рассеяния энергии на необратимые процессы в циклически деформируемом материале колебательной системы, на трение в сочленениях и т. п. Из свойств колебательных систем станков способность демпфирования колебаний наименее изучена, что снижает, а часто и исключает возможность учета параметров колебательного движения при расчете их деталей на

прочность. Особенно важным является изучение демпфирования в механизмах подачи и в приводах в целом станков, у которых силовые воздействия имеют циклический характер, обусловленный переменным сечением среза (например, фрезерных).

Широкое использование в приводах подачи металлорежущих станков винтовых механизмов качения (ВМК) объясняется высокой точностью и равномерностью поступательного перемещения, повышенным КПД, возможностью полного устранения осевого зазора в резьбовом соединении. Однако отсутствие данных по демпфирующей способности ВМК затрудняет выполнение динамических расчетов.

На кафедре "Металлорежущие станки и инструменты" Белорусского политехнического института проведены экспериментальные исследования демпфирующей способности привода подачи фрезерного станка. В качестве последнего звена кинематической цепи привода подачи использовались шариковый (ШВМ) и роликовый (РВМ) винтовые механизмы. Их демпфирующая способность оценивалась в сравнении с винтовой парой скольжения (ВПС). При этом за основную характеристику демпфирующих свойств принимался коэффициент относительного рассеяния энергии за цикл колебаний Ψ (в некоторой литературе коэффициент диссипации), который определяется из [1]:

$$\Psi = \frac{\Delta W}{W}, \quad (1)$$

где ΔW — энергия, рассеиваемая в системе за цикл колебаний; W — потенциальная энергия, соответствующая максимальной деформации (амплитуде) цикла.

При свободных колебаниях демпфирующие свойства обычно характеризуются декрементом колебаний λ , равным натуральному логарифмическому отношению двух соседних амплитуд. При малом затухании коэффициент относительного рассеяния энергии равен двум логарифмическим декрементам затухания:

$$\Psi = 2\lambda. \quad (2)$$

При значениях λ , близких к 1, наиболее точное соотношение между Ψ и λ , как показано в работе [2], выражается равенством:

$$\Psi = 2\lambda \frac{4\pi^2}{4\pi^2 - \lambda^2}. \quad (3)$$

Баланс рассеивания энергии колебаний в приводе подачи зависит от соотношения амплитуд колебаний отдельных звеньев привода. Учитывая последовательно-параллельное соединение

этих звеньев, относительное рассеивание энергии в системе можно определить по формуле [3]

$$\psi_{\Sigma} = \psi_1 \frac{K_{\Sigma}}{K_1} + \psi_2 \frac{K_{\Sigma}}{K_2} + \psi_3, \quad (4)$$

где K_{Σ} – жесткость упругой системы привода, $K_{\Sigma} = \frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2}$ (5);

K_1 – жесткость передачи винт – гайка; K_2 – жесткость опор винта; ψ_1 – относительное рассеяние энергии в передаче винт-гайка; ψ_2 – относительное рассеяние энергии в опорах винта; ψ_3 – относительное рассеяние энергии в направляющих.

Экспериментальное определение жесткости передач качения (ШВМ, РВМ) и скольжения (ВПС) производилось с использованием специального приспособления, установленного на столе горизонтально-фрезерного станка. Результаты исследований свидетельствуют о том, что наивысшей осевой жесткостью в диапазоне сил 1000...6000 Н обладает роликовый винтовой механизм, наименьшей – ВПС.

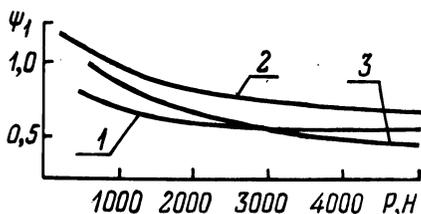


Рис. 1. Рассеивание энергии колебаний в механизмах винт-гайка: 1 – РВМ; 2 – ВПС; 3 – ШВМ.

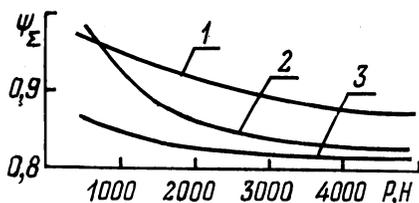


Рис. 2. Рассеивание энергии колебаний в приводе подач с различными винтовыми механизмами: 1 – ВПС; 2 – ШВМ; 3 – РВМ.

Относительное рассеяние энергии колебаний ψ_1 для различных винтовых механизмов определялось по осциллограммам затухающих колебаний при действии на упругую систему привода кратковременной осевой нагрузки. Определив из осциллограмм логарифмический декремент затуханий по формуле (3), рассчитывали коэффициент ψ_1 , изменение которого в зависимости от величины осевой нагрузки приведено на рис. 1. Приняв значения $\psi_2 = 0,5$ [1], $\psi_3 = 0,4$ [3], а $K_2 \approx 2,0 \cdot 10^{-4}$ Н/м [4] и подставив их значения в формулу (4), определяем относительное рассеяние энергии в приводе подач ψ_{Σ} .

Полученные результаты, представленные на рис. 2, показывают, что относительное рассеяние энергии в приводе подач

наибольшее при использовании в качестве последнего звена кинематической цепи винтовых пар скольжения. Однако следует отметить, что при возрастании осевой нагрузки (амплитуды колебаний) рассеяние энергии в приводах с ВМК приближается к рассеянию энергии приводов с ВПС. Сравнительные исследования демпфирующей способности приводов подач с ШВМ и РВМ свидетельствуют, что ее отличие в диапазоне осевых сил 2500...5000 Н незначительно. Однако в диапазоне 800...2500 Н демпфирующая способность привода с ШВМ выше на 60...20%, чем у привода с РВМ. Объясняется это большей демпфирующей способностью площадок контакта у ШВМ по сравнению с РВМ, у которых контакт с поверхностями винта и гайки линейный.

Таким образом, проведенные исследования дали возможность количественно оценить демпфирующую способность различных винтовых механизмов, используемых в приводах подач металло-режущих станков.

Полученные результаты дадут возможность учитывать различный характер затухания колебательных процессов в приводах подач при исследовании параметров динамического качества станков.

Л и т е р а т у р а

1. Повышение демпфирования колебаний в приводе подач с числовым программным управлением: Метод. рек. - М., 1975.
2. Чернявский П.М., Локтев В.И. Количественные оценки рассеяния энергии механических систем. - В сб.: Изв. вузов. Машиностроение, 1979, № 3.
3. Шувалов В.Ю., Левина З.М., Решетов Д.Н. Демпфирование колебаний в передачах винт-гайка и опорах винтов. - Станки и инструмент, 1973, № 4.
4. Файнгауз В.М. Измерение коэффициентов демпфирования подшипников качения. - В сб.: Изв. вузов. Машиностроение, 1968, № 12.