

УДК 621.952

ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ ТРЕХСТУПЕНЧАТЫХ КОНСОЛЬНЫХ БОРШТАНГ ПРИ ТОНКОМ РАСТАЧИВАНИИ

Баланюк А.В.

ОНПУ «Одесский национальный политехнический университет», г. Одесса, Украина

Аннотация: В работе изучены колебания трехступенчатых консольных борштанг при тонком растачивании. Результаты экспериментов сопоставлены с расчетными. Источниками колебаний являются возмущения, возникающие в опорах шпиндельного узла, а также взаимное влияние резцов при резании. Уравнения, описывающие процесс резания, составлены на базе основных положений динамики станков. Изгибные колебания борштанг измерялись анализатором спектра вибраций модели 795М, а также с помощью устройства состоящего из 4 тензометрических датчиков, которые соединены между собой по мостовой схеме, микроконтроллера Discovery STM32L0538-DISCO, тензоусилителя. Регистрируемый аналоговый сигнал посредством 4 тензометрических датчиков, записывается в виде n пакетов данных на microCD карту памяти, которая в свою очередь установлена на микроконтроллере Discovery, что позволяет повысить скорость передачи сигнала, регистрируя при этом его полный частотный спектр. Установлено, что амплитуды колебаний при одновременной и отдельной работе резцов при изменении длин ступеней изменяются немонокотно, а минимальные значения амплитуд при совместной работе трех резцов реализуется не при максимальной жесткости. Изменения амплитуд колебаний вызваны действием коэффициентов влияния между резцами, а также зависимостью собственных частот борштанг от длин ступеней.

Ключевые слова: борштанга, шпиндельный узел, опора, вибрации, амплитуда, колебания

Многорезцовая обработка является актуальным примером способа концентрации операций и повышения качества обработки. Основными особенностями расчета колебаний при многорезцовой обработке являются:

- 1) необходимость разработки динамической модели [1];
- 2) учет взаимного влияния возмущений между резцами [2];
- 3) учет предельных податливостей борштанг, обеспечивающих виброустойчивость процесса резания [3];
- 4) использование резцов, обеспечивающих высокую износостойкость на разных диаметрах ступеней при изменении скорости резания.

На рис. 1 приведена расчетная схема трехступенчатой борштанги с тремя одновременно работающими резцами.

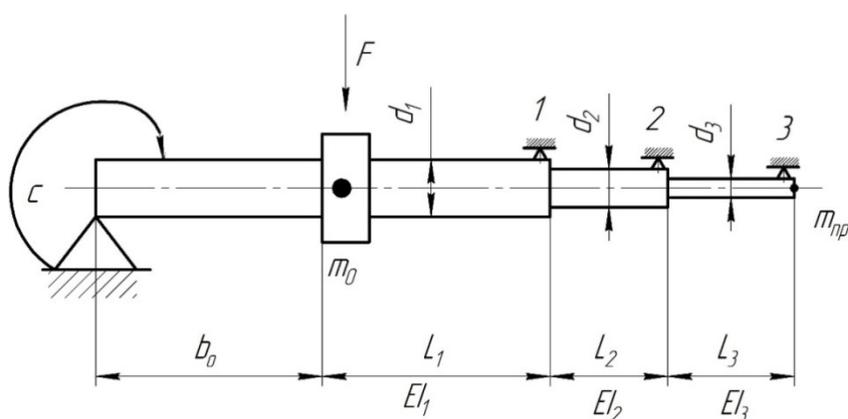


Рис.1. Схема расчетной модели

где b_0 – длина консольной части шпинделя, для которой определена поворотная жесткость C , характеризующая сопротивление опор изгибу и повороту.

Эта часть расчетной схемы характеризуется массой m_0 , а вся масса борштанги приведена к сечению 3-го резца (m_{np}). Каждая ступень борштанги характеризуется своими вылетами (L_1, L_2, L_3), диаметрами (d_1, d_2, d_3) и жесткостями (EI_1, EI_2, EI_3, E – модуль упругости, I – момент инерции). Масса m_0 нагружена силой F_t , которая представляет отдельные гармоники спектра возмущения от шарикоподшипников при холостом вращении шпинделя. Рассчитаны коэффициенты влияния для сечений, где установлены резцы 1, 2, 3. В расчет вводятся динамические характеристики процесса резания. Таким образом, колебания описываются 2-х-массовой моделью, замкнутой на процессы резания.

Уравнения движения с учетом динамической характеристики процесса резания имеют вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{y}_0 + \frac{b}{m_0} \dot{y}_0 + \frac{\alpha_{33}}{\alpha} y_0 - \frac{\alpha_{03}}{m_0 \alpha} y_3 = \frac{F_0 \sin \omega t}{m_0} + \frac{\alpha_{33} \alpha_{01} - \alpha_{03} \alpha_{13}}{m_0 \alpha} P_{z1} + \frac{\alpha_{33} \alpha_{02} - \alpha_{03} \alpha_{23}}{m_0 \alpha} P_{z2}; \\ \ddot{y}_3 + \frac{\alpha_{00}}{m \alpha} \phi_3 - \frac{\alpha_{03}}{\alpha} y_0 = \frac{P_{z3}}{m} + \frac{\alpha_{00} \alpha_{13} - \alpha_{01} \alpha_{03}}{m \alpha} P_{z1} + \frac{\alpha_{00} \alpha_{23} - \alpha_{02} \alpha_{03}}{m \alpha} P_{z2}; \\ T_p \dot{P}_{z1} + P_{z1} = -K_{P_1} y_3 \frac{\alpha_{13}}{\alpha_{33}}; \\ T_p \dot{P}_{z2} + P_{z2} = -K_{P_2} y_3 \frac{\alpha_{23}}{\alpha_{33}}; \\ T_p \dot{P}_{z3} + P_{z3} = -K_{P_3} y_3, \end{array} \right. \quad (1)$$

где $\alpha = \alpha_{00} \alpha_{33} - \alpha_{03}^2$;

m_0 - консольная масса приведенная к фланцу;

P_{z1}, P_{z2} и P_{z3} - силы резания на резцах;

m - приведенная к 3-му резцу масса борштанги;

T_p - инерционная постоянная стружкообразования;

K_{pn} - коэффициент резания, ($n=1,2,3$);

α_{ij} - коэффициенты влияния, ($i=0,1,2,3$), ($j=0,1,2,3$).

Рассчитываются амплитуды колебаний на наиболее удаленном от опоры резце (резец 3) при одновременной работе всех трех резцов, или при их последовательной работе при изменении длин ступеней. В результате решения системы уравнений определяются также значения первых собственных частот колебаний, а также резонансные значения амплитуд вынужденных колебаний. Для обеспечения оптимальной скорости резания на наиболее удаленной ступени, а также износостойкости резцов на других ступенях с большими диаметрами использовались сочетания резцов с пластинками из твердого сплава и эльбора.

На рис. 2 приведены результаты экспериментов и расчетов амплитуд вынужденных колебаний при таких значениях параметров: $d_1 = 60 \text{ мм}$, $d_2 = 40 \text{ мм}$, $d_3 = 30 \text{ мм}$, $T_p = 2 \cdot 10^6 \text{ Н / м}$, $F = 5 \text{ Н}$.

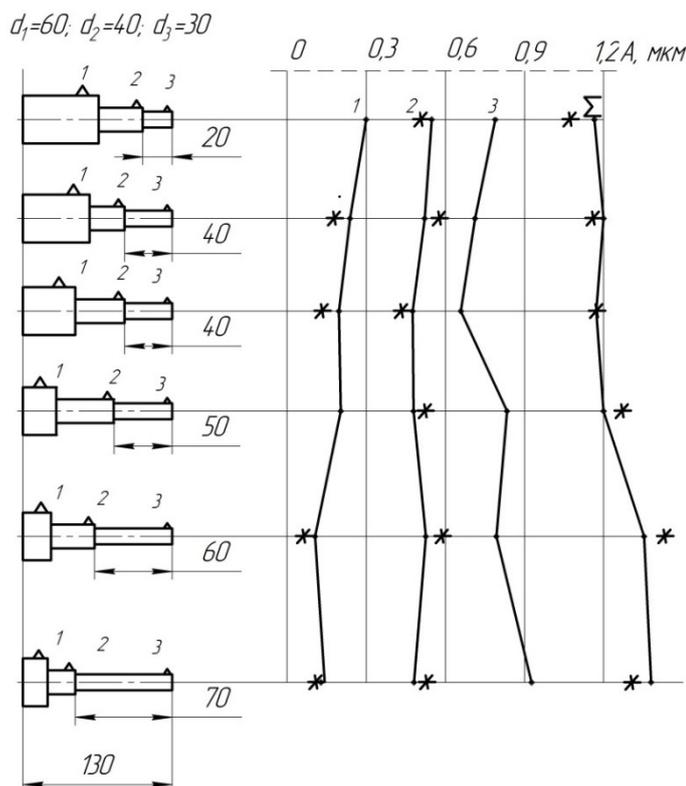


Рис. 2. Зависимость амплитуд колебаний от длин ступеней при растачивании стали 45 (режимы резания одинаковы), * – расчет, 1,2,3 – отдельная работа резцов; Σ – одновременная работа резцов.

Выводы:

1) Анализ экспериментальных результатов показывает, что при последовательной работе резцов амплитуды достаточно малы (до 0,3 мм), а при одновременной работе амплитуды изменяются немонотонно минимальные их значения реализуются не при максимальной жесткости борштанги.

2) Использование настроенных виброгасителей уменьшает амплитуды колебаний в 1,5 – 2 раза, но также не обеспечивает их монотонного изменения.

3) Для уменьшения колебаний и повышения качества обработки следует выполнять динамические расчеты технологической системы.

Список литературы:

1. Баланюк А.В. Колебания двухступенчатых консольных борштанг при тонком растачивании. Стр. 131 – 139. "Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка."
2. Оргиян А.А. Особенности колебаний борштанг для тонкого растачивания./ Оргиян А.А., Баланюк А.В./ "Сучасні технології в машинобудуванні [Текст]: зб. наук. праць. – Вип. 9 / редкол.: В.О.Федорович (голова) [та ін.]. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – 323 с. – Укр., рос., англ. мовами. Стр. 111 – 124.
3. Нормативы режимов резания и геометрия резцов для тонкого растачивания. Обработка на отделочно-расточных станках. Крупносерийное и массовое производство. НИИмаш., Москва 1979. – 93с.
4. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. Первая редакция физико – математической литературы издательства «Наука», 1967, 444стр.
5. Оборский Г.А., Обобщение представлений о динамической характеристике процесса резания. Г.А. Оборский, А.А. Оргиян, П.А. Линчевский, Р.А. Мацей. Праці Одеського політехнічного університету, 2012. Вип. 1(38), стр. 66-70.