

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ КОМПЛЕКСНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ТЕРМОСИЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ

**Дидык Евгений Олегович**

студент, Тольяттинский государственный университет, РФ, г. Тольятти

**Воронов Дмитрий Юрьевич**

канд. техн. наук, доцент, Тольяттинский государственный университет, РФ, г. Тольятти

## DETERMINATION OF RESONANT FREQUENCIES OF A COMPLEX OSCILLATION WITH THERMOLOVO PROCESSING

**Eugene Didyk**

*Student, Togliatti state University, Russia, Togliatti*

**Voronov Dmitriy**

*Candidate of Science, associate Professor, Togliatti state University, Russia, Togliatti*

**Аннотация.** В данной статье представлена математическая модель определения резонансных частот комплексных колебаний при термосиловой обработке мало жестких валов. Использование комплексных продольных и крутильных колебаний совместно с термосиловой обработкой позволяет существенно снизить уровень внутренних напряжений в материале мало жесткого вала.

**Abstract.** This article presents a mathematical model for determining the resonant frequencies of complex vibrations in thermosilic processing of low-rigid shafts. The use of complex longitudinal and torsional vibrations in conjunction with thermosilic treatment can significantly reduce the level of internal stresses in the material of a low-rigid shaft.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, термосиловая обработка, комплексные колебания, внутренние напряжения, резонанс, мало жесткие валы.

**Keywords:** mathematical modeling, thermosilic processing, complex vibrations, internal stresses, resonance, low-rigidity shafts.

В работах авторов [1-11] приведены основы автоматизации процесса термосиловой обработки, обоснована необходимость применения комплексных колебаний в сочетании с термосиловой обработкой.

При разработке системы автоматического управления термосиловой обработки (ТСО) с

комплексными колебаниями воспользуемся механической моделью процесса ТСО с комплексными колебаниями. Механическая модель комплексных колебаний представляет собой одномассовую модель с двумя степенями свободы. Первая степень свободы – движения вдоль оси  $x$  – ( $\Delta x$ ) – обусловлены воздействием на деталь продольной составляющей комплексных колебаний. Вторая степень свободы – движение вокруг оси  $x$  на угол –  $\Theta$ , обусловлено воздействием на деталь крутильной составляющей комплексных колебаний. Математически данная модель описывается системой двух дифференциальных уравнений второго порядка, которые имеют следующий вид (1):

$$\begin{cases} S + \frac{\partial S}{\partial X} dx - S - pF dx \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = 0 \\ T + \frac{\partial T}{\partial X} dx - T - I_n dx \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Первое уравнение описывает свободные колебания, второе крутильное. В первом уравнении величина  $u$  есть относительное перемещение по оси  $x$ :  $u = \Delta x$ .

Во втором уравнении величина  $\Theta$  угол поворота вокруг оси  $x$ . Данные величины будут иметь наибольшее значение в момент резонанса, т.е.  $u$  и  $\Delta x \rightarrow$  мах при резонансе по продольным колебаниям, а  $\Theta \rightarrow$  мах при резонансе по крутильным колебаниям. Так как при комплексных колебаниях имеет место два резонанса, то условие резонанса напишется как:

Для продольных колебаний частота в условиях резонанса (2):

$$\omega_{\text{при}} = i \times \pi \times \sqrt{\frac{E}{\rho}} / L, \quad (2)$$

Для крутильных колебаний частота в условиях резонанса (3):

$$\omega_{\text{кри}} = i \times \pi \times \sqrt{\frac{G}{\rho}} / L, \quad (3)$$

Термосиловую обработку с применением комплексных колебаний целесообразно проводить попеременно на резонансных режимах продольных и крутильных колебаний.

На режиме остывания при ТСО проводит уменьшение температуры под воздействием растягивающего усилия. Все это приводит к изменению частот собственных колебаний, и следовательно резонансные частоты смещаются. Это связано со свойствами материала, при повышении температуры значение модулей упругости  $E$  и сдвига –  $G$  существенно снижаются, а так же с измерением геометрических параметров изделия, что обусловлено воздействием осевого растягивающего усилия  $L_1 = L + \Delta L$ . Величины  $\Delta L$  складывается из комплексного воздействия различных факторов, возникающих при ТСО. Ниже, в формуле (4) показана взаимосвязь данных факторов:

$$\left\{ \begin{array}{l} mx'' + \beta x' + kx = P \\ m\theta'' + \beta\theta' + k\theta = M_{кр} \\ \omega_{np} = i\pi \sqrt{\frac{E}{\rho}} / (L + \Delta L) \\ \omega_{кр} = i\pi \sqrt{\frac{G}{\rho}} / (L + \Delta L) \\ X = P \sin \omega_{np} t \\ \theta = M_{кр} \sin \omega_{кр} t \end{array} \right. \quad (4)$$

Из выше сказанного ясно, что для управления данным процессом необходима система автоматического управления. Управляемыми параметрами служат: перемещение по оси  $x$  и угол поворота в системе координат  $x-\theta$ . В момент резонанса значения управляемых параметров будут иметь максимальные значения. Управляющими параметрами служат параметры вынужденных колебаний: амплитуды и частоты продольной и крутильной составляющих комплексных колебаний.

#### Список литературы:

1. Драчев О.И., Воронов Д.Ю. Пути снижения коробления малоожестких валов, путем применения термосиловой обработки. Журнал «Машиностроитель», № 6, 2001 год.
2. Драчев О.И., Воронов Д.Ю., Расторгуев Д.А.. Новая технология термосиловой обработки малоожестких валов. Журнал «Известия» №1, стр. 32-35. Волгоград 2004 год.
3. Драчев О.И., Воронов Д.Ю., Расторгуев Д.А.. Экспериментальная установка для равномерного осевого пластического деформирования малоожестких деталей при термосиловой обработке. Журнал «Известия» №9, стр. 15-18. Волгоград 2004 год.
4. Драчев О.И., Воронов Д.Ю., Расторгуев Д.А.. Устройство для термосиловой обработки. Патент на изобретение от 12.05.2003. № 2232198.
5. Драчев О.И., Воронов Д.Ю., Расторгуев Д.А.. Способ термосиловой обработки длинномерных осесимметричных деталей и устройство для его осуществления. Патент на изобретение от 19.12.2003. № 2254383.

6. Драчев О.И., Воронов Д.Ю., Расторгуев Д.А. Устройство для термосиловой обработки осесимметричных деталей. Патент на изобретение от 20.09.05. № 2260628.
7. Воронов Д.Ю., Шевелев И.В. Физическая сущность процессов протекающих при термосиловой обработке маложестких деталей типа «вал». «Проблемы проектирования и автоматизации машиностроительных производств». Сборник научных трудов. Волгоградский государственный технический университет; ЗАО «ОНИКС». Волгоград, Тольятти, Ирбит 2013.
8. Воронов Д.Ю., Логинов Н.Ю., Шевелев И.В. Обзор существующих и перспективные тенденции развития технологий изготовления маложестких длинномерных валов. «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2012» Сборник научных трудов SWorld. Международной научно-практической конференции. Выпуск 3. Том 8. Одесса 2012.
9. Воронов Д.Ю., Репин К.А., Шевелев И.В. Разработка функциональной схемы системы автоматизированного управления термосиловой обработки многоступенчатых маложестких валов. Сборник научных трудов SWorld Международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013»; Одесса, 2013.
10. Воронов Д.Ю., Репин К.А., Шевелев И.В. Описание конструкции и принципа работы лабораторной установки для проведения экспериментальных исследований по термосиловой обработке длинномерных маложестких деталей. Сборник научных трудов SWorld. Международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013»; Одесса, 2013.
11. Воронов Д.Ю., Репин К.А., Шевелев И.В. Обзор существующих и перспективные тенденции развития технологий изготовления ходовых винтов. Сборник научных трудов SWorld Международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013»; Одесса, 2013.