

УДК 621.1.9

Д.Р. Бакшаев, С.П. Никитин**D.R. Bakshaev, S.P. Nikitin**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА
ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ГЛУБИННОМ ШЛИФОВАНИИ
ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ****MATHEMATICAL MODELING OF MECHANISMS
OF VIBRATION DAMPING CREEP FEED GRINDING
THERMAL BARRIER COATING**

Предлагается методика разработки математической модели механизма гашения колебаний, полученная методом электрических аналогий. Представленная модель позволяет исследовать взаимодействие механических процессов при шлифовании. Технологические подсистемы процесса абразивной обработки внутренних теплозащитных покрытий представлены в виде электрических цепей. Расчет силовых параметров процесса шлифования осуществляется численно с помощью метода узловых потенциалов, применяемого в электротехнике.

Ключевые слова: математическая модель, шлифование, силы резания, температура, механизм гашения колебаний.

The technique of developing a mathematical model of the mechanism of damping obtained by the method of electrical analogy. The model allows to study the interaction of mechanical processes during grinding. Technological process subsystem abrading internal thermal barrier coatings are presented in the form of electrical circuits. Calculation of power parameters of the grinding process is carried out numerically using nodal analysis used in electrical engineering.

Keywords: mathematical model, grinding, cutting force, temperature, mechanism of damping.

В машиностроении широко применяют различные резинOMETаллические детали и узлы агрегатов, в которых резиновые покрытия служат для создания эластичной поверхности на жесткой металлической базе и защиты от воздействия агрессивных сред. Одним из методов придания необходимых размеров, параметров шероховатости резиновых теплозащитных покрытий, а также устранения дефектов при формовании, является механическая обработка при помощи абразивного инструмента. Абразивная обработка связана с большим тепловыделением. Резиновые теплозащитные покрытия имеют малую теплопроводность, поэтому возникает проблема возрастания температуры в зоне

резания и потери работоспособности абразивного инструмента. Работа связана с исследованием влияния режимов резания и конструктивных параметров технологического оборудования на качество обработки теплозащитных покрытий.

Целью данной работы является разработка математической модели процесса шлифования теплозащитных покрытий для установления закономерностей, отражающих влияние режимов шлифования на качество обработанной поверхности резиновых теплозащитных покрытий.

Материалы и методы исследования. Обработка теплозащитных покрытий, нанесенных на внутреннюю цилиндрическую поверхность, производится при помощи специальных средств технического оснащения [1], одно из которых представлено на рис. 1.

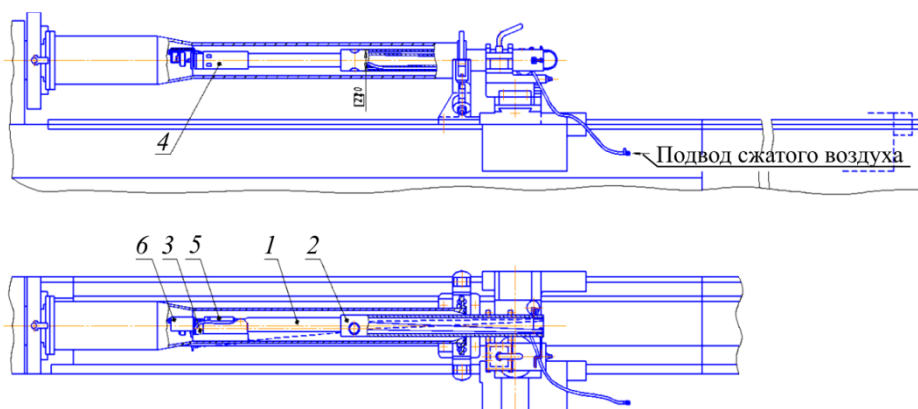


Рис. 1. Эскиз установки для удаления и обработки теплозащитных покрытий

Установка монтируется на токарно-винторезном станке модели 166 и состоит из следующих основных узлов:

– труба-качалка 1 и труба 2 – являются несущей конструкцией установки, внутри которой расположены электропроводка, воздушные шланги, необходимые для обдува зоны обработки, охлаждения двигателя, работы гасителя колебаний, и системы рычагов, необходимой для обеспечения нужной силы прижатия абразивного круга к обрабатываемой поверхности;

– редуктор 3 – предназначен для понижения частоты вращения абразивного круга;

– «люлька» 4 – предназначена для установки электродвигателя 5 и понижающего редуктора 3;

– электродвигатель 5 мощностью 1,5 кВт, 380 В, 50 Гц с частотой вращения 1500 об/мин.

– гаситель колебаний 6 (рис. 2) – предназначен для снижения вибраций, возникающих в процессе обработки покрытия.

Принцип работы установки. Обработка корпуса состоит из нескольких этапов:

- 1) штанга приспособления *1* (см. рис. 2) заводится до конусной части корпуса, как показано на рис. 2;
- 2) абразивный круг приводится в соприкосновение с теплозащитным покрытием для установки приспособления на «0»;
- 3) абразивный круг приспособления отводится от обрабатываемой поверхности на 1–2 мм;
- 4) включается продольная подача станка;
- 5) включается вращение корпуса и абразивного круга;
- 6) абразивный круг прижимается к ТЗП, и производится механическая обработка покрытия.

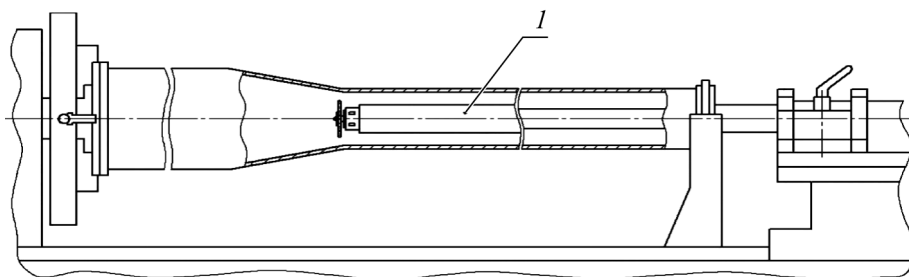


Рис. 2. Схема обработки корпуса

После обработки половины корпуса его переустанавливают, заново проводят необходимые проверки и повторяют все этапы обработки.

Для обеспечения постоянной глубины шлифования и заданного размера используют гаситель колебаний (рис. 3).

Гаситель колебаний состоит из пневмоцилиндра *1* с плунжером *2* и опорным роликом *3*. Пневмоцилиндр с пакетом фрикционных пластин прикреплен к корпусу *4*. Фрикционные пластины прижаты друг к другу болтами через тарельчатые пружины. Корпус прикреплен к корпусу редуктора *5* рабочего круга *6*. Редуктор установлен на трубе-качалке установки для удаления, зачистки и обработки покрытий. В корпусе пневмоцилиндра установлен дроссель *7* с регулировочным винтом. Воздух к пневмоцилиндру подводится от редукционного клапана *8* с манометром *9*.

В процессе абразивной обработки в гасителе колебаний действуют следующие силы: F – сила, приложенная к трубе-качалке установки; $F_{\text{цил}}$ – усилие пневмоцилиндра; $F_{\text{тр}}$ – сила трения в пакете фрикционных пластин; R_2 – средняя сила реакции под опорным роликом; R_1 – средняя сила, отжимающая рабочий круг от покрытия. Направление и величина $F_{\text{тр}}$ изменяется в зависимости от изменения R_2 и R_1 . В среднем в процессе работы алгебраическая

сумма $F_{тр} = 0$, а $R_2 = F_{шил}$. Как только R_1 отклоняется от средней величины, сразу же возникает сила трения $F_{тр}$. Если сила R_1 изменяется на величину, меньшую, чем $F_{тр}$, рабочее колесо остается на месте; если изменение R_1 происходит на величину, большую, чем $F_{тр}$, то рабочий круг смещается. Система совершает работу по преодолению $F_{тр}$, дальнейшие колебания приостанавливаются. Такая же ситуация возникает и при изменении по какой-либо причине силы R_2 .

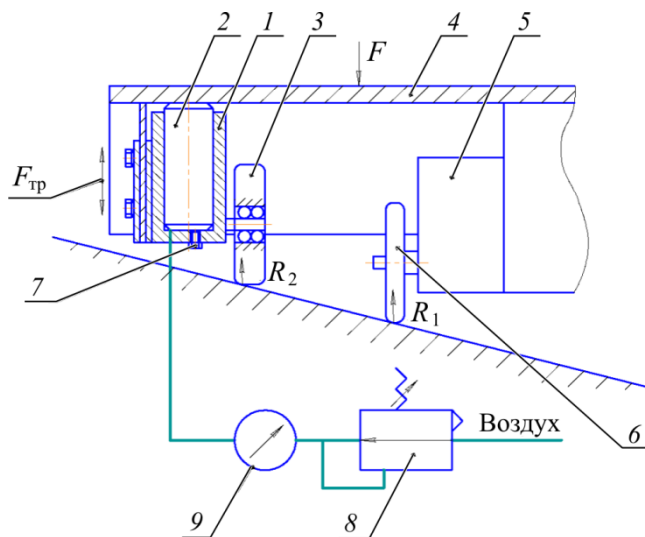


Рис. 3. Гаситель колебаний

Для исследования влияния режимов резания и конструктивных параметров технологического оборудования на качество обработки теплозащитных покрытий может быть использована математическая модель, отображающая взаимодействие упругих механических и тепловых процессов при шлифовании [2]. Для исследования качества работы установки для удаления теплозащитных покрытий необходимо в математической модели отобразить дополнительно процессы, связанные с работой гасителя колебаний (см. рис. 3). Гаситель колебаний представляет собой замкнутую систему, которая поддерживает заданную глубину шлифования и гасит возникающие динамические колебания. Расчетная схема данного механизма приведена на рис. 4.

В расчетной схеме трубопровод питания воздухом, редукционный клапан с манометром представлены в виде источника питания постоянного давления. Также представлены напорная магистраль, пневмоцилиндр, процесс резания, процесс трения в тарельчатых пружинах и сила реакции в контакте опорного ролика.

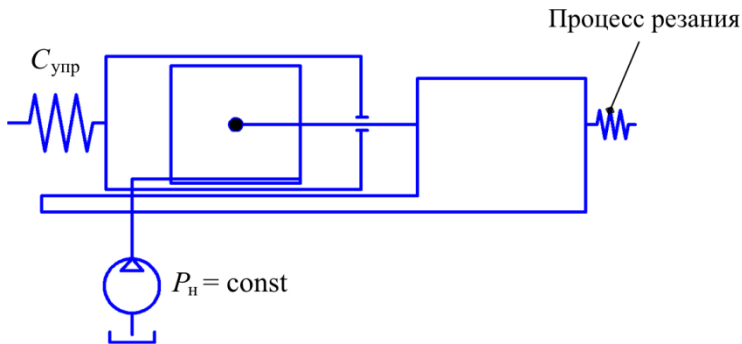


Рис. 4. Расчетная схема гасителя колебаний

На основе расчетной схемы, используя метод прямой аналогии [3], разработана математическая модель гасителя колебаний, которая представлена на рис. 5.

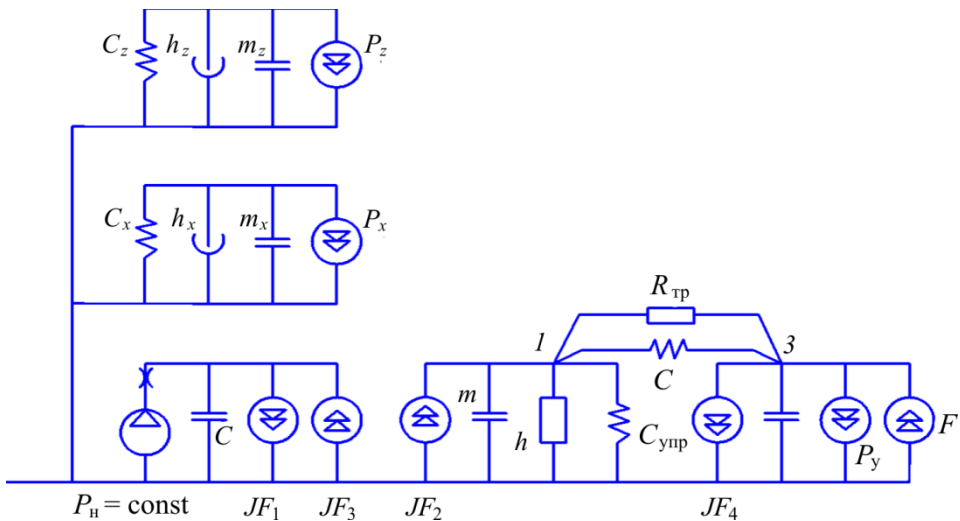


Рис. 5. Эквивалентная схема процессов в гасителе колебаний

В эквивалентной схеме символами отображены: L_z , L_y , L_x – приведенные жесткости соответствующих подсистем; h_z , h_x – приведенные коэффициенты демпфирования механической подсистемы; m_z , m_y , m_x – приведенные инерционные параметры подсистем; P_x , P_y , P_z – составляющие силы резания; JF_i – фиктивные источники типа потока, отображающие взаимодействие выделенных подсистем гасителя колебаний; F – внешняя сила прижатия трубы-качалки.

Предложенная математическая модель обладает достаточной универсальностью и позволяет установить основные закономерности, отражающие влияние режимов шлифования и параметров технологического оборудования на качество обработанной поверхности резиновых теплозащитных покрытий.

Список литературы

1. Трофимов Е.О. Технология изготовления резиновых теплозащитных покрытий на внутренних цилиндрических поверхностях // Известия Самар. науч. центра АН. – 2011. – Т. 13, № 1 (3). – С. 658–660.
2. Моделирование процесса абразивной обработки внутренних теплозащитных покрытий с учетом взаимодействия упругой и тепловой систем / С.П. Никитин, Е.О. Трофимов, А.М. Ханов, Л.Д. Сиротенко // Известия Самар. науч. центра АН. – 2014. – Т. 16, № 1 (2). – С. 472–476.
3. Моделирование технологического оборудования: учеб. пособие / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2001. – 139 с.

Получено 04.06.2015

Бакшаев Даниил Романович – магистрант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, механико-технологический факультет, e-mail: danilbakshaev@gmail.com.

Никитин Сергей Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры металлорежущих станков и инструментов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, механико-технологический факультет, e-mail: perkan@perm.ru.