

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАДАННЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТА СОПРЯЖЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В.А. Гуляев, доцент

Р.С. Сибогатов, магистрант

Тольяттинский государственный университет
(Россия, г. Тольятти)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-6-3-113-116

Аннотация. В статье рассматриваются методы управления параметрами контакта сопряжений технологического оборудования. Эти методы могут быть использованы при исследовании контактного взаимодействия неподвижных сопряжений технологического оборудования. Предлагается классификация факторов, которые влияют на перемещения и деформации в стыках технологического оборудования. Предлагаемые методы позволяют ставить начальные и граничные условия для решения упругой, упруго-пластической и вязко-упругой контактных задач. Областью применения и реализации данной методики в первую очередь являются машиностроение и автомобилестроение – это механическая обработка и сборка.

Ключевые слова: сопряжение, контактные системы, стыки, контактная нагрузка, область контакта, давление контакта.

Повышение качества функционирования сопряжений технологического оборудования наиболее полно можно реализовать, основываясь на принципах функционального подхода к удовлетворению требуемого уровня показателей назначения контактных пар, абстрагируясь от их реальной конструкции [1].

Большинство известных в настоящее время методов формирования эксплуатационных свойств основывается на предметном подходе, предполагающем совершенствование отдельных показателей качества сопряжений: износостойкости, контактной жесткости, виброустойчивости и так далее для конкретных конструкций пар трения и неподвижных сопряжений [2]. Использование функционального подхода при важности других принципов означает, что объект рационализации совершенствуется, как комплекс функций, которые он выполняет. Применительно к сопряжениям технологического оборудования реализация функционального подхода заключается в удовлетворении требуемого уровня их показателей назначения – функций пар трения и неподвижных стыков, определяемым условиями надежной эксплуатации машины. Поэтому, помимо абстрагирования от конструктивных форм сопряжений,

для реализации функционального подхода в обеспечении качественного функционирования сопряжений, необходимо выявление управляемых параметров контактной системы и решение вопросов о рациональных методах воздействия на них, не приводящих к существенному усложнению и удорожанию технологии изготовления деталей, образующих сопряжения технологического оборудования.

Для управления контактными перемещениями стыков технологического оборудования можно использовать конструктивные и технологические методы, позволяющие целенаправленно изменять параметры, определяющие контактное взаимодействие – размеры областей контакта $\{D\}$, закон распределения контактных давлений $\{P(xy)\}$ и их интенсивность $\{P_{max}(xy)\}$, находящиеся в функциональной связи с характеристиками контактной жесткости зазорами (натягами), от величины которых зависят изменения относительного положения поверхностей элементов технологической системы. Существенно, что конструктивные методы позволяют регулировать определяющие параметры контакта на макроуровне, характеризуемом контурной площадью технических поверхностей стыков [3]. Технологические методы дают

возможность изменять площадь (размеры) единичных пятен контакта в пределах контурной площади (в некоторых случаях и величину контурной площади), а также поверхностных слоев, в значительной мере определяющих важнейшие триботехнические свойства: контактную жесткость, интенсивность изнашивания, коэффициенты трения, совместимость трущихся поверхностей.

Иерархично задачи конструкторско-технологического формирования заданных

эксплуатационных свойств представлены в таблице 1. Трудности теоретических и численных решений конструктивных контактных задач в значительной степени могут быть преодолены использованием экспериментальных методов и, прежде всего, оптических, позволяющих регистрировать поля контактных напряжений и перемещений на моделях из оптически активных материалов в проходящем свете и моделях из натуральных материалов в отраженном свете [4].

Таблица 1. Задачи конструкторско-технологического формирования заданных эксплуатационных свойств стыков технологического оборудования

Выявление параметров, определяющих контактное взаимодействие стыков технологического оборудования, исходя из служебного назначения				
Анализ математической модели образования погрешностей при механической обработке			Анализ взаимодействия звеньев технологического оборудования как элементов конструктивных контактных задач	
Характеристики контакта: $\{D\}$ – величина областей контакта; $\{P(x,y)\}$ – закон распределения контактных давлений; $\{P_{max}(x,y)\}$ – интенсивность контактных нагрузок				
Макроуровень: форма и величина зазоров (натягов) в стыках (контурная площадь)			Микроуровень: количество, размеры и форма единичных пятен контакта (фактическая площадь)	
Условия подобия и моделирования статического контакта				
Экспериментальное моделирование	Теоретико-экспериментальные модели	Математические модели	Теоретико-экспериментальная модель статического контакта технических поверхностей	Обобщенная модель трения и износа Взаимосвязи параметров качества поверхностных слоев Технологические принципы, обеспечивающие получение жесткостных характеристик
Взаимосвязи характеристик макроконтакта с эксплуатационными свойствами стыков: контактной жесткостью, износостойкостью и другими				
Активные методы	Метод механической САПР	Пассивные методы	Использование технологической наследственности	Технологии, модифицирующие структуру поверхностного слоя и его рельеф
Конструктивные методы формирования заданных эксплуатационных свойств пар трения и неподвижных стыков технологического оборудования			Совершенствование композиционных материалов для износостойких покрытий и методов их обработки	
Конструктивно-технологические методы (КТМ) обеспечения заданных свойств стыков технологического оборудования				
Прогнозирование долговечности стыков технологического оборудования на основе моделирования				
Экспертная система выбора КТМ для повышения качества функционирования технологического оборудования				
Апробация результатов исследований в промышленности				

Корректное моделирование упругих, упруго-пластических и вязкоупругих конструктивных контактных задач основывается на условиях моделирования физически линейных и нелинейных контактных задач и установленных функциональных зависимостях пересчета компонент – полей напряжений, деформаций и перемеще-

ний с модели на натуре [5]. Установленные условия моделирования апробированы на решениях целого ряда статических конструктивных задач, рассмотренных в настоящей работе.

Для неподвижных разъемных соединений, образованных стыкующимися деталями приспособлений машин и технологи-

ческого оборудования, обеспечение показателей назначения: контактной прочности, герметичности, сдвигоустойчивости, сопротивления фреттинг-коррозии, сохранения точности позиционирования, несущей способности целесообразно проводить на этапах изготовления деталей и сборки сопряжений.

При этом возможно получение заданных свойств контактирующих деталей технологическими методами, например, метод избирательной лазерной закалки для повышения сдвигоустойчивости плоских и круглых сопрягаемых деталей и конструктивными методами – метод принудительного деформирования втулки для управления контактными напряжениями в цилиндрическом соединении с зазором.

Использование рационального расположения и последовательности затяжки стыкуемых поверхностей при сборке разъемных соединений позволят повысить контактную жесткость и сдвигоустойчивость элементов приспособлений технологического оборудования. Такой подход, имеющий целью дальнейшее усовершенствование элементов машины и основывающийся на использовании данных о предстоящих условиях эксплуатации объ-

екта, либо не предусматривает корректировку управляемых параметров контакта $\{D\}$, $\{P(xy)\}$ и $\{P_{max}(xy)\}$ при изменении режимов эксплуатации, либо допускает их дискретную корректировку.

Промежуточным между активными и пассивными конструктивными методами обеспечения заданных функциональных свойств сопряжений технологического оборудования является метод разгрузки контактных систем, реализующий принципы (механической, частичной) системы автоматического регулирования (САР) по поддержанию деформационных и динамических характеристик плоских стыков при изменении режимов их нагружения.

В таблице 2 показаны факторы, влияющие на функциональную взаимосвязь управляемых параметров контакта – $\{D\}$, $\{P(xy)\}$ и $\{P_{max}(xy)\}$, а также показателей качества и назначения сопряжений, реализующих рациональные конструктивные методы использования собственных и контактных деформаций для получения заданных эксплуатационных свойств неподвижных стыков технологического оборудования.

Таблица 2. Факторы, влияющие на упругие перемещения, зазоры (натяги) в стыках и погрешности

Конструктивные факторы				
Структурная схема технологической системы	Идеальная геометрия звеньев технологического оборудования	Физико-механические свойства материалов звеньев технологической системы		Термические и структурные свойства материалов звеньев
Технологические факторы				
Усилия зажима и закрепления деталей	Макроотклонения формы и положения поверхностей	Микрорельеф: волнистость и шероховатость	Физико-механические и структурные свойства покрытий детали	Режим обработки и сборки
Эксплуатационные факторы				
Интенсивность изнашивания поверхностей звеньев технологического оборудования и инструмента		Режим трения и вид смазывающей охлаждающей жидкости		
Погрешности				

Используя приведенную классификацию конструктивных методов управления параметрами контакта, можно исследовать в дальнейшем эффективность применения

разработанных методов и устройств по обеспечению показателей назначения некоторых узлов и сопряжений технологического оборудования.

Библиографический список

1. Ogar P., Gorokhov D., Zhuk A., Kushnarev V. Contact geometry during indentation of a sphere into an elastoplastic half-space // MATEC Web of Conferences ICMTMTE 2019. – 2019. – 298, 00093.
2. Monelli B.D. Mechanical characterization of metallic materials by instrumented spherical indentation testing: diss. PhD. 2010.
3. Айзикович С.М., Александров В.М., Белоконь А.В., Кренев Л.И., Трубчик И.С. Контактные задачи теории упругости для неоднородных сред. – М.: Физматлит, 2006. – 240 с.
4. Öner E., Birin A. Continuous contact problem for two elastic layers resting on an elastic half-infinite plane // Journal of mechanics of materials and structures. – 2014. – Vol. 9, № 1. – pp. 105-119.
5. Gulyaev V.A., Kozlov A.A., Loginov N.Y., Soldatov A.A. Problems of mathematical modelling of elastic boundary value in the stress-strain state of car body elements // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – 560 p. 012143.

METHODS FOR PROVIDING THE SET PARAMETERS OF CONTACT INTERFACES OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

V.A. Gulyaev, Associate Professor

R.S. Sibogatov, Graduate Student

Togliatti State University

(Russia, Togliatti)

***Abstract.** The article discusses methods for managing the parameters of the contact interfaces of technological equipment. These methods can be used in the study of the contact interaction of fixed interfaces of technological equipment. A classification of factors that affect displacements and deformations at the joints of technological equipment is proposed. The proposed methods make it possible to set initial and boundary conditions for solving elastic, elastic-plastic and visco-elastic contact problems. The scope and implementation of this technique is primarily mechanical engineering and automotive industry - this is mechanical processing and assembly.*

***Keywords:** interface, contact systems, joints, contact load, contact area, contact pressure.*