

ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ СРЕДСТВАМИ ТЕНЗОМЕТРИИ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ТЕПЛОВИМ НАГРУЖЕНИИ

© 2024 г. Сергей Алексеевич Бехер*, А. А. Попков**, В. В. Выплавень***,
М. А. Гуляев, С. П. Шляхтенков

*Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049 Новосибирск, Дуси
Ковальчук, 191*

* - behers@mail.ru; ** - zabagy@mail.ru; *** - vladimir97927@gmail.com

Неподвижность прессовых и болтовых соединений обеспечивают силы трения, которые зависят и от уровня упругих механических напряжений, и коэффициента трения. Наиболее характерными и широко распространенными ответственными соединениями с упругими напряжениями являются: прессовые соединения колец подшипников и колес с шейками осей и валами, бандажей с колесными центрами, болтовых соединений строительных конструкций, машин и механизмов. Изменение состояния контактирующих поверхностей, износы и деформация элементов в эксплуатации приводят к снижению сил трения, подвижности соединений и, как следствие, авариям и крушениям.

В настоящее время единственным достоверным способом контроля деталей является демонтаж, измерение размеров и повторный монтаж с измерением максимального усилия [1]. Недостаток данного способа связан со значительными временными и материальными затратами, высокой вероятностью повреждения элементов соединений. Поэтому проблема создания методики и оборудования для неразрушающего контроля неподвижных разъемных соединений является актуальной. Сложность задачи связана с комплексным характером прочности соединения, на которую оказывают влияние малые изменения размеров и деформации, общее состояние и локальные дефекты сопряженных поверхностей [2].

Целью работы является создание способа контроля прочности соединений с натягом на основе локального теплового воздействия и тензометрии на основе временных закономерностей распределения тепловых деформаций в прессовых соединениях с различным натягом.

Предварительно нагретый до 200 °С латунный усеченный цилиндр с запасом тепловой энергии относительно температуры окружающей среды 81 кДж размещали на поверхности свободных колец и колец, напрессованных на валы с натягами 38, 65, 67, 105, 118 мкм. Поверхностное распределение температуры контролировали тепловизором Testo 875-1i, зависимость температуры от времени в месте установки тензодатчика регистрировали контактным термометром с частотой 1 Гц и разрешением 0,06 °С. Деформации измерялись оптико-поляризационным датчиком деформаций с частотой

дискретизации 50 Гц на кольца и на валу на расстоянии более 60 мм от места нагрева. Датчик с базой 60 мм с ценой наименьшего разряда аналого-цифрового преобразователя составляет 0,013 мкм с абсолютной погрешностью не более $4 \cdot 10^{-7}$.

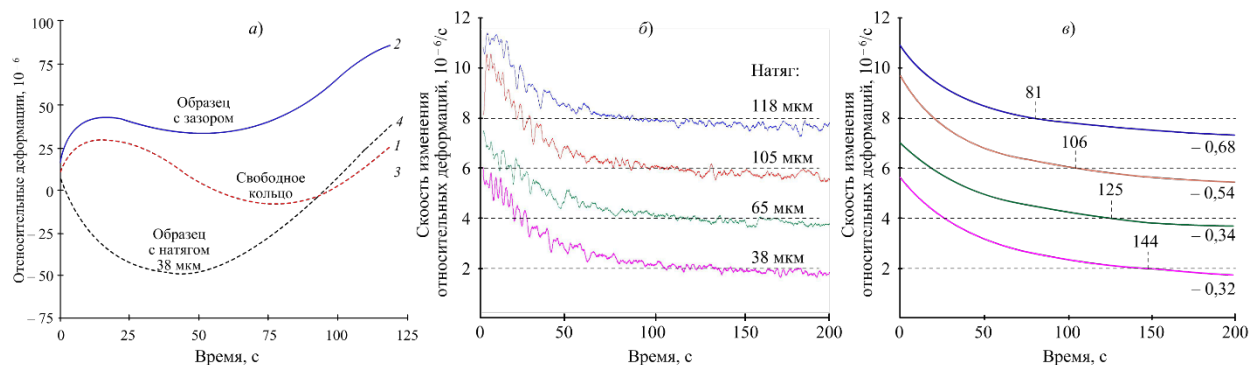


Рис. 1. Временные зависимости деформаций кольца при нагреве (а) и временные зависимости скорости изменения деформаций образцов с известными натягами, усредненные на интервале 2 с (б) и 50 с (в).

Экспериментально-расчетным способом показана возможность пространственного разделения зон теплового воздействия и измерения деформаций за счет достаточно медленной скорости распространения теплового потока не более 1,5 мм/с. Наличие зазора в прессовом соединении однозначно идентифицируется по знаку деформаций кольца подшипника (рис. 1 а). Временная зависимость скорости деформаций в окне длительностью 2 с (рис. 1 б) содержит нестационарные пульсации, которые отражают дискретный характер локального «проскальзывания» кольца и вала, когда напряжение на границе превышают силы трения. Время достижения максимума деформаций, определяемое по изменению знака скорости в окне 50 с (рис. 1 в), коррелируют с натягами прессовых соединений с коэффициентом корреляции 0,97 и коэффициентом пропорциональности – 0,71 мкм/с.

Экспериментально показано, что необходимым условием организации контроля прессовых соединений является создание в объекте необходимого градиента температуры и соответствующего ему уровня нормальных и касательных деформаций на границе соединения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-10110, <https://rscf.ru/project/23-29-10110/> и финансовой поддержки Правительства Новосибирской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матлин М.М., Казанкин В. А., Казанкина Е.Н. Методы повышения эффективности контроля затяжки резьбовых соединений (обзор публикаций) // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2020. № 7. С. 40—42.
2. Boutoutaou H., Bouaziz M., Fontaine J.F. Modeling of interference fits taking form defects of the surfaces in contact into account // Materials & Design. 2011. V. 32, Iss. 7. P. 3692—3701.