

3. Адаптивное разделение источников звука в режиме реального времени : заявка 15/434, 419 Соединенные Штаты Америки / Пилл Р. ; пат. поверенный Коретский [и др.] ; заявл. 12.01.17 ; опубл. 17.08.17 ; приоритет 16.02.16, № US201662295497Р (США).
4. Как работает сверточная нейронная сеть: архитектура, примеры, особенности. – 2018. – Режим доступа: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/glubokaya-svertochnaja-nejronnaja-set/>. – Дата доступа: 27.02.2021.

УДК 620.178.16:620.178.3

К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ УЗЛОВ ТРЕНИЯ

С. А. Тюрин, Н. Н. Малык

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Рассмотрена задача и предложен автоматизированный метод расчета и проектирования узлов трения, в основу которого положена механика контакта, механика деформирования и разрушения и механика усталостного разрушения.

Ключевые слова: усталость, трение, элемент конструкции, узел трения, проектирование.

TO THE QUESTION OF AUTOMATED DESIGN OF FRICTION UNITS

S. A. Tyurin, N. N. Malyk

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The problem is considered and a automated method for calculating and designing friction units is proposed, which is based on the mechanics of contact, the mechanics of deformation and fracture, and the mechanics of fatigue fracture.

Keywords: fatigue, friction, structural element, friction unit, design.

Изучая некоторые закономерности объемного разрушения при механической усталости, мы имеем дело с отдельным элементом конструкции, который называли (деформируемым твердым) телом, деталью, образцом либо просто объектом.

Поверхностное повреждение при трении в трибологии возникает при относительном движении, по меньшей мере, двух взаимодействующих тел, например, при скольжении либо качении; в обоих случаях они образуют пару трения. Говорят, что пару (или узел) трения составляют образец и контробразец, либо иначе: тело и контртело. Их силовое взаимодействие обусловлено специфической – контактной нагрузкой.

Автоматизированный метод проектирования узлов трения. При механической усталости критерием предельного состояния служит усталостное (объемное) разрушение детали (элемента конструкции (рис. 1)), например, разделение ее на части. Условие прочности:

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{-1}}{\tilde{n}_{\sigma}}, \quad (1)$$

где σ – циклическое напряжение; σ_{-1} – предел выносливости при механической усталости; $[\sigma]$ – допустимое напряжение; M – изгибающий момент; W – момент сопротивления; \tilde{n}_{σ} – коэффициент запаса.

По условию (1) решаются три задачи:

– проверка прочности

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma]; \quad (1a)$$

– определение размеров поперечного сечения

$$W \geq Mn_{\sigma} / \sigma_{-1}; \quad (1б)$$

– выбор материала

$$[\sigma] \geq \frac{\sigma_{-1}}{n_{\sigma}}. \quad (1в)$$

В трибологии, как известно, нет общепризнанного метода проектирования узлов трения. Это связано с тем, что механика дискретного контакта, похоже, и не может дать подобного метода. Чтобы решить поставленную задачу, воспользуемся общей методологией расчетов на прочность.

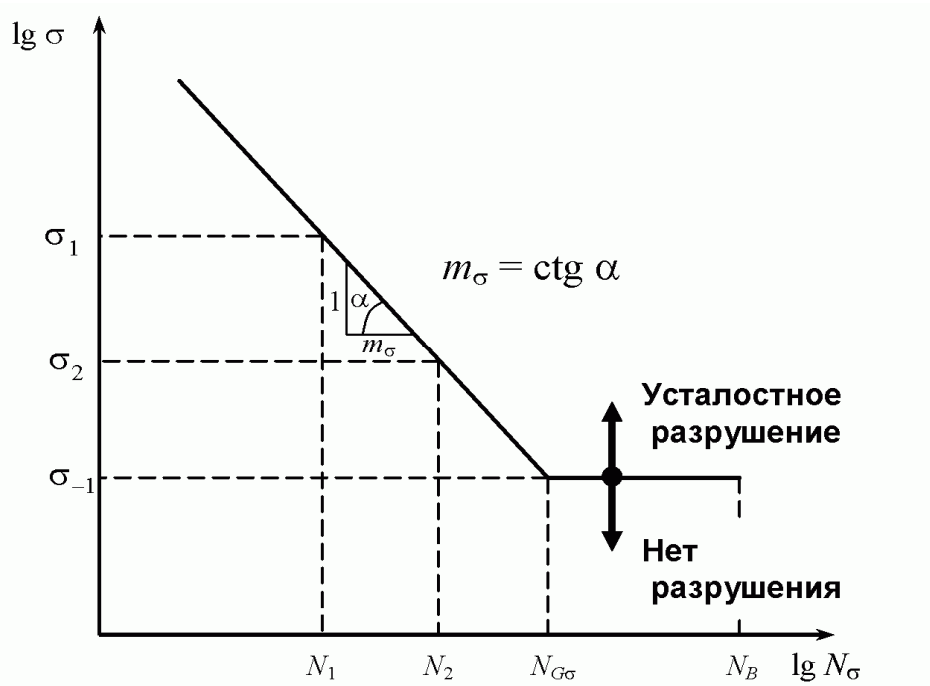


Рис. 1. Кривая механической усталости

Будем исходить из того общего положения (выдвинутого И. В. Крагельским [1] еще в середине прошлого века), что повторно-переменное деформирование (рис. 2) тонкого поверхностного слоя материала трущихся при действии контактной нагрузки тел всегда ведет к его усталостному разрушению. Этот процесс называют поверхностной или фрикционной усталостью.

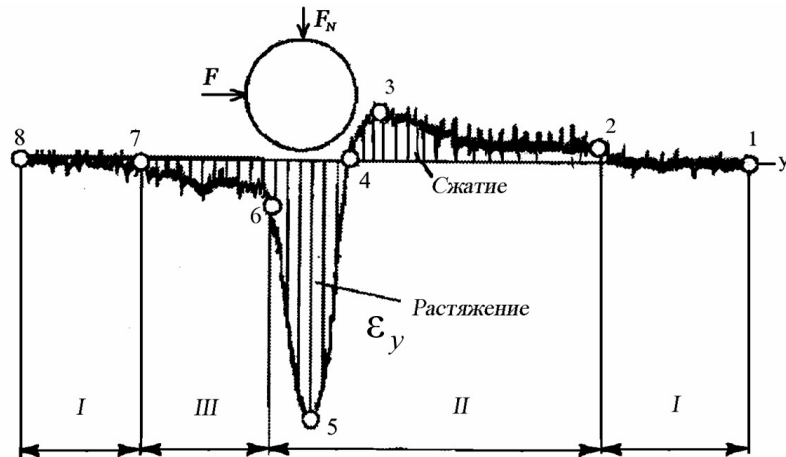


Рис. 2. Осциллограмма перемещений поверхности полимерного материала при скольжении по нему металлического индентора

И тогда, если критерием предельного состояния узла трения служит достижение износом i предельной величины (рис. 3), то условие износостойкости [2]:

$$\tau_w = fp_a \geq [\tau] = \frac{\tau_f}{n_\tau}, \quad (2)$$

где τ_w – напряжение в контакте; τ_f – предел фрикционной выносливости при трении; $[\tau]$ – допустимое напряжение; p_a – контактное давление; f – коэффициент трения; n_τ – коэффициент запаса.

По условию (2) решаются четыре задачи:

– проверка износостойкости

$$\tau_w = fp_a \leq [\tau]; \quad (2a)$$

– подбор площади контакта A_a (F_S – сила трения)

$$A_a \geq F_S / [\tau] = F_S n_\tau / \tau_f; \quad (2б)$$

– выбор материала

$$[\tau] \geq \frac{\tau_f}{n_\tau}; \quad (2в)$$

– требования к коэффициенту трения

$$f \leq \frac{[\tau]}{p_a} = \frac{\tau_f}{n_\tau p_a}. \quad (2г)$$

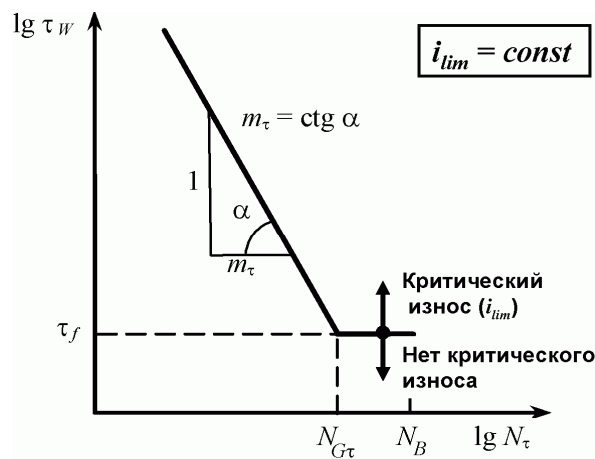


Рис. 3. Кривая фрикционной усталости

Принципиальные отличия условия износостойкости (2) от аналогичного условия прочности (1) таковы. Во-первых, условие (1) применимо лишь к отдельному элементу конструкции (отдельной детали), тогда как условие (2) характеризует прочность (износостойкость) механической системы, состоящей из двух тел (деталей). Поскольку последние в узле трения перемещаются друг относительно друга при действии специфической – контактной нагрузки, то данная система получила специальное название: пара (или узел) трения, либо фрикционный узел. Естественно, что условия (2а) и (2в), в отличие от аналогичных условий (1а) и (1в), используются при проектировании узла трения дважды – применительно и к телу, и к контртелу. Во-вторых (и это главное), для оценки надежности узла трения как механической системы (в целом) потребовались дополнительные условия (2б) и (2г), аналогов которым в условии (1) нет (и быть не могло).

Таким образом, проектируя узел трения, вы можете, чтобы обеспечить его требуемую эксплуатационную надежность, осознанно варьировать площадь контакта (условие 2б), свойства материалов (условие 2в), и коэффициент трения (условие 2г). Если вспомнить, что коэффициент трения характеризует работоспособность узла трения с учетом влияния смазки (или третьего тела), то ясно, что изложенный общий метод проектирования узлов трения может и должен быть обычным инструментом для конструктора и расчетчика.

Как можно видеть, в основу нового метода расчета и проектирования узлов трения положена механика контакта, механика деформирования и разрушения и особенно – механика усталостного разрушения.

Литература

1. Крагельский, И. В. Молекулярно-механическая теория трения / И. В. Крагельский // Трение и износ в машинах : тр. 2-й Всесоюз. конф., Москва, 1949 г. / Акад. наук СССР. – М.–Л., 1949. – Т. 3. – С. 178–183.
2. Сосновский, Л. А. Механика износоусталостного повреждения / Л. А. Сосновский. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 434 с.