

УДК 620.178.4

ОБ АНАЛОГИИ КРИВЫХ ПОВЕРХНОСТНОЙ И ОБЪЕМНОЙ УСТАЛОСТИ

С. А. Тюрин, М. О. Прядко

УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В основе процессов трения и изнашивания [1] и механической усталости [2] лежит циклическое деформирование материала, то есть явление усталостного разрушения (поверхностного – при трении; объемного – при повторно-переменном нагружении). Необходимо отметить, что именно эти процессы лимитируют работоспособность наиболее ответственных узлов современных машин и оборудования. Следовательно, познание закономерностей разрушения и их особенности в обоих указанных случаях носит фундаментальный характер.

Механическая усталость. Процесс постепенного накопления повреждений материала под действием повторно-переменных напряжений, приводящий к изменению его строения и свойств, образованию и развитию трещин и к объемному разрушению, называют механической усталостью. Наиболее полную информацию о сопротивлении усталости элементов конструкции дает кривая усталости, которую получают обычно экспериментально – в результате длительных испытаний большого количества идентичных образцов.

Полной кривой усталости (рис. 1) называют зависимость между амплитудой (или максимальным значением) напряжения σ и циклической долговечностью (число циклов до разрушения) N_σ во всем диапазоне их возможного изменения. Критерием предельного состояния при оценке долговечности служит либо объемное разрушение испытуемого образца (разделение его на две части), либо момент достижения усталостной трещиной некоторой длины (поверхностное повреждение).

Фрикционная усталость (трение скольжения). При трении скольжения критическим и предельным состоянием называем достижение допустимого $[i]$ или предельного i_{lim} износа соответственно. Эти величины определяем либо расчетным методом, либо экспериментально – по кинетической кривой изменения износа во времени (рис. 2). В общем случае по характеру она аналогична кривой накопления остаточных деформаций при циклическом нагружении. Это подтверждает единую – усталостную природу разрушения при трении и при циклическом деформировании. Следовательно, критические или предельные состояния пары трения в широком диапазоне изменения контактной нагрузки можно

описать графиком (рис. 2), аналогичным полной кривой механической усталости (рис. 1).

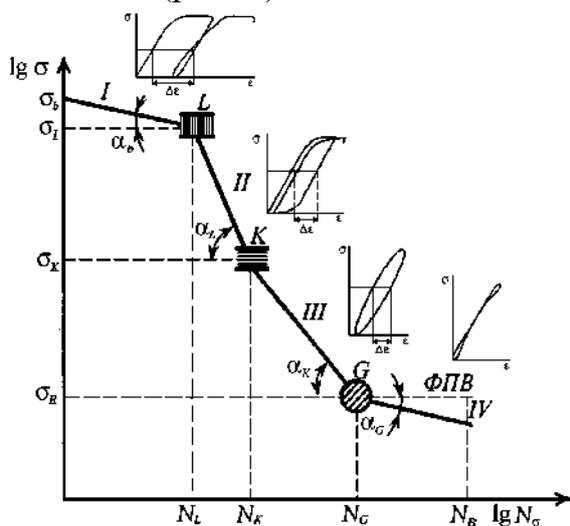


Рис. 1 – Схема полной кривой механической усталости

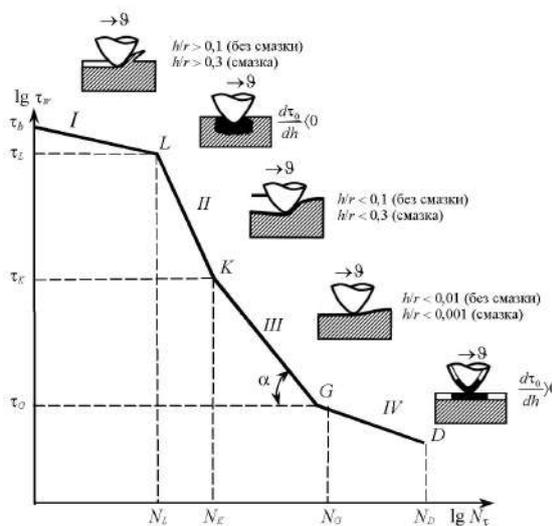


Рис. 2 – Схема полной кривой фрикционной усталости

Основные виды разрушения при трении схематически (рис. 2) иллюстрируют движение (со скоростью ϑ) единичной неровности, внедренной в плоскость. На рис. 3 даны соответствующие микрофотографии типичного характера повреждения поверхности трения.

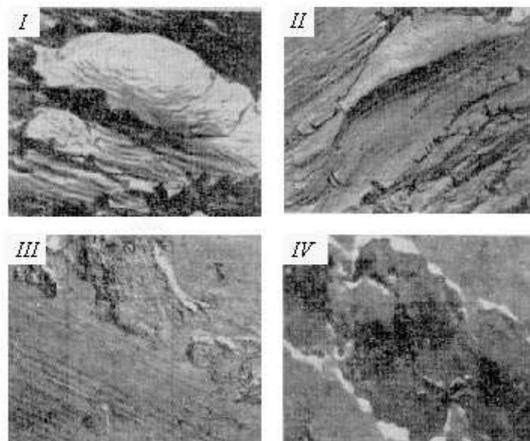


Рис. 3 – Типичные микрофотографии ($\times 5000$) повреждения и разрушения поверхностей трения (I, II, III и IV соответствуют областям I, II, III и IV на рис. 2)

Термину «фрикционная усталость» здесь придается общий смысл поверхностного повреждения и разрушения при трении скольжения независимо от его механизмов (рис. 2) – подобно тому, как термину механическая усталость придается общий смысл объемного повреждения и разрушения при циклическом деформировании независимо от его механизмов (рис. 1).

Результаты проведенных исследований показали справедливость изложенной выше теории. Проведены испытания пары трения сталь 45/полимер Ф4-ВМ при трении скольжения [3]. Всего испытано 12 узлов трения при различных контактных нагрузках в диапазоне от 10 до 440 Н. По результатам испытаний построена кривая фрикционной усталости (рис. 4). Оказалось, что эта кривая имеет четыре характерных участка: *I* – область квазистатического разрушения (примерно до $N = 4 \cdot 10^5$ циклов), *II–III* – область мало- и многоциклового разрушения ($N = 4 \cdot 10^5 \dots 5 \cdot 10^6$ циклов), *IV* – область высокоресурсного разрушения ($N > 5 \cdot 10^6$ циклов).

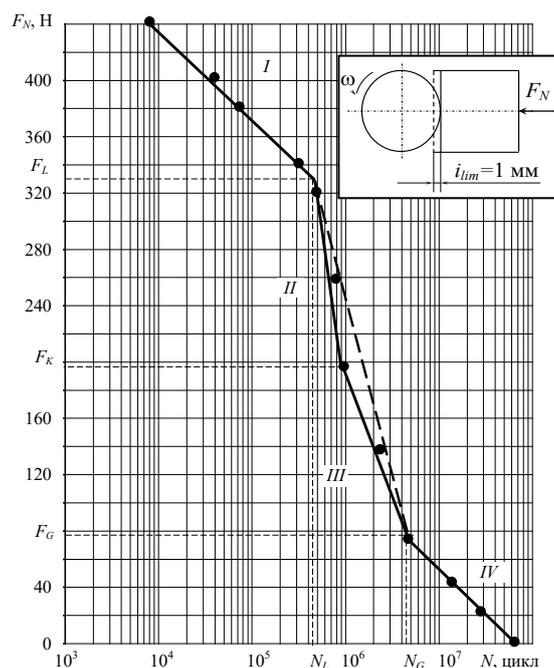


Рис. 4 – Кривая фрикционной усталости для трибосопряжения сталь 45/полимер Ф4-ВМ

Выводы. Общие основные закономерности повреждения и разрушения при трении и при циклическом деформировании (рис. 1 и 2) открывают перспективы разработки единых методов анализа и расчета в исследованиях в области трения и механики усталостного разрушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крагельский И. В. Основы расчетов на трение и износ / И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Комбалов. – М. : Машиностроение, 1977. – 528 с.
2. Bathiar C. GigaCycle Fatigue in Mechanical Practice / C. Bathiar, P. C. Paris. – New York : Marcel Dekker Inc, 2005. – 304 p.
3. Сосновский Л. А. Фрикционная усталость полимера при трении по стали / Л. А. Сосновский, А. В. Марченко // Проблемы прочности. – 2001. – № 1. – С. 48–61.