

4. Износостойкость и структура твердых наплавов / М.М. Хрущев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1971. – 96 с.

5. Дорожкин, Н.П. Стойкость против абразивного изнашивания легированных хромом и бором слоев, полученных электрошлаковой наплавкой / Н.П. Дорожкин, А.В. Дудан // Трение и износ. – 1986. – Т. 7, № 2. – С. 256 – 260.

6. Лившиц, Л.С. Основы легирования наплавленного металла / Л.С. Лившиц, Н.А. Гришберг, Э.Г. Куркумелли. – М.: Машиностроение, 1969. – 187 с.

УДК 620.184

МЕХАНИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ОПИСАНИЯ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ УСТАЛОСТНЫХ БОРОЗДОК

В.Э. Завистовский

УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк

Введение. Детали машин и механизмов в большинстве случаев подвергаются воздействию переменных во времени напряжений, в результате действия которых могут образовываться трещины.

Под действием циклических напряжений в металлах и сплавах зарождаются и постепенно развиваются трещины, вызывающие в конечном итоге полное разрушение детали или образца. Это разрушение опасно потому, что может протекать под действием напряжений, намного меньших пределов прочности и текучести. Подсчитано, что более 80 % всех случаев эксплуатационного разрушения происходит в результате циклического нагружения.

Механизм развития усталостной трещины. Усталостная трещина зарождается в поверхностных слоях и затем развивается в глубь образца или детали, образуя острый надрез. Распространение усталостной трещины обычно длительно. Оно продолжается до тех пор, пока сечение не окажется столь малым, что действующие в нем напряжения превысят разрушающие. Тогда произойдет быстрое разрушение, как правило, хрупкое из-за наличия острого надреза.

Усталостные изломы имеют ряд характерных признаков, позволяющих отличать их от других видов изломов [1, 2]. Одним из них является наличие усталостных бороздок, располагающихся в зоне развившейся трещины усталости и волнообразно расходящихся от очага разрушения. Форма усталостных бороздок зависит от формы детали и характера нагружения. Циклическое расширение и сжатие берегов трещины приводит к образованию типичного рисунка, причем каждый новый цикл нагружения добавляет новую бороздку. На рис. 1 и 2 показаны макроусталостные ли-

нии и усталостные бороздки на поверхностях изломов ВЧ50, промышленного сплава Al-Cu-Mg и стали 45. Появление макрополос связано со значительными изменениями режима нагружения [3]. Бороздки представляют собой последовательные положения фронта трещины при ее распространении, а расстояние между ними является мерой, определяющей степень распространения трещины за цикл.

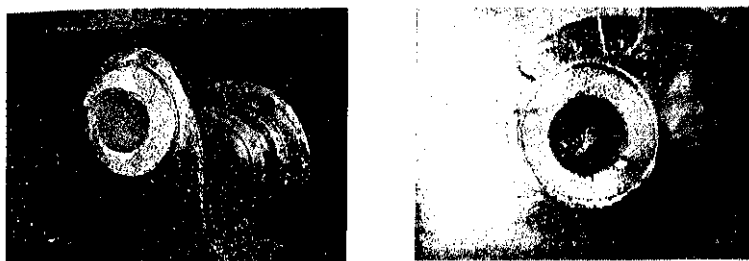


Рис. 1. Макроусталостные линии на поверхностях излома коленчатого вала, изготовленного из чугуна ВЧ50

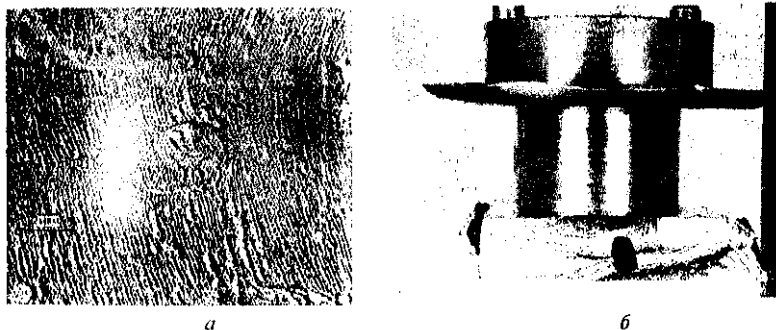


Рис. 2. Бороздки усталости на поверхности излома сплава Al-Cu-Mg [1] — а; макроусталостные линии на поверхности излома коленчатого вала, изготовленного из стали 45, — б

В настоящее время достаточно сложно выделить единую общепризнанную теорию усталостного разрушения, построенную на физических процессах, сопровождающих это явление. Многие исследователи объясняют это тем, что в зависимости от структурного состояния материала и условий циклического нагружения возникают и действуют различные механизмы зарождения и развития усталостных трещин [4 – 14].

Теория дислокаций, структурно-энергетическая теория и другие существенно помогают раскрыть природу явления усталости. Исследование

изломов крупногабаритных деталей из сплавов Д1Т и АВТ [15] показали, что между зонами псевдобороздчатого рельефа излома и бороздчатого рельефа существует переходный участок в развитии трещины. Он характеризуется тем, что в отдельных зонах излома на фасетках выявляются усталостные бороздки. Их шаг составляет несколько сотых долей микрометра, и в направлении развития трещины его величина изменяется дискретно, а сами бороздки наблюдаются лишь в отдельных участках излома. Если усталостные бороздки формируются в каждом цикле приложения внешней нагрузки, то, рассчитав их число в направлении роста трещины, можно судить о числе циклов нагружения.

Механизм в изучении усталости. В инженерной практике о характере усталостного разрушения можно судить по наличию макроусталостных линий (рис. 2, б) на поверхностях излома, причем их рельеф зависит не только от материала, формы поперечного сечения, но и от характера нагружения.

Важнейшей геометрической характеристикой сечения деталей машин, испытывающих циклические деформации кручения и изгиба с кручением, является момент сопротивления, либо полярный, либо осевой [16]. В процессе развития усталостной трещины эффективная площадь поперечного сечения уменьшается и удельная нагрузка, приходящаяся на единицу площади, возрастает. При этом центр тяжести поперечного сечения смещается относительно своего первоначального положения. На берега трещины дополнительно действует внутренний силовой фактор, возникающий за счет наличия эксцентриситета положения центра тяжести. При достижении им определенной величины трещина получает дополнительное движение, которое проявляется в изломе в виде макроусталостных линий нерегулярного шага. Схема формирования макроусталостных линий согласуется с процессом формирования усталостных бороздок.

Заключение. Сведя описание сложного процесса образования усталостных бороздок к более простому механизму формирования макроусталостных линий, доступному для инженера, можно разработать механистический подход при изучении усталости.

Литература

1. Броек, Д. Основы механики разрушения / Д. Броек. – М.: Высш. шк., 1980. – 368 с.
2. Завистовский, В.Э. Физика отказов механических систем / В.Э. Завистовский, О.В. Холодилов, П.Н. Богданович. – М.: Технопринт, 1999. – 212 с.
3. Горицкий, В.М. Структура и усталостное разрушение металлов / В.М. Горицкий, В.Ф. Терентьев. – М.: Металлургия, 1980. – 208 с.

4. Одинг, И.А. Теория дислокаций в металлах / И.А. Одинг. – М.: АН СССР, 1959. – 84 с.
5. Надежность и долговечность машин / Б.И. Костецкий [и др.]. – Киев: Техніка, 1975. – 408 с.
6. Финкель, В.М. Физические основы торможения разрушения / В.М. Финкель. – М.: Металлургия, 1977. – 360 с.
7. Романов, А.Н. Пороговая скорость роста усталостной трещины и циклическая трещиностойкость металлов / А.Н. Романов, О.В. Иванова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1993. – № 5. – С. 35 - 41.
8. Куслицкий, А.Б. Неметаллические включения и усталость стали / А.Б. Куслицкий. – Киев: Техніка, 1976. – 128 с.
9. Меламедов, И.М. Физические основы надежности / И.М. Меламедов. – Л.: Энергия, 1970. – 152 с.
10. Фридель, Ж. Дислокации / Ж. Фридель. – М.: Мир, 1967. – 644 с.
11. Владимиров, В.И. Физическая природа разрушения металлов / В.И. Владимиров. – М.: Металлургия, 1984. – 280 с.
12. Пашков, П.О. Разрыв металлов / П.О. Пашков. – Л.: Судпромгиз, 1960. – 243 с.
13. Мешков Ю.Я. Физические основы разрушения стальных конструкций / Ю.Я. Мешков. – Киев: Наукова думка, 1981. – 240 с.
14. Завистовский, В.Э. Механика разрушения и прочность материалов с покрытиями / В.Э. Завистовский. – Новополюк: ШУ, 1999. – 144 с.
15. Иванова, В.С. Количественная фрактография. Усталостное разрушение / В.С. Иванова, А.А. Шанянский. – Челябинск: Металлургия, 1988. – 400 с.
16. Антоноук, В.Е. Основные положения динамической стабилизации геометрических форм деталей / В.Е. Антоноук, С.В. Берестнев // Доклады НАН Б, 2005. – Т. 49, № 3. – С. 98 – 102.

УДК 622.232-2:539.375.6

ВИДЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В АБРАЗИВНОЙ СРЕДЕ

Н.А. Антанович, П.А. Тромпель

ЧУП «Институт горной автоматики», Сольгорск

Изнашивание. Ряд проблем, возникающих при работе машин и механизмов, связан с изнашиванием деталей и узлов в процессе эксплуатации. Обычно разрушение происходит в форме отслаивания от поверхностей трения мелких частиц материала, что приводит к накоплению дефектов в структуре с концентрацией их в поверхностном слое и, как следствие, к следующим явлениям:

- текстурированию материала в направлении скольжения;
- химическим реакциям материала с активной средой;