

М. А. Трушкин, В. Н. Городецкий, А. С. Серегин

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН В ОБРАЗЦАХ ИЗ СПЛАВА АВ

В связи с ростом требований к усталостной прочности деталей и элементов конструкций современных машин, большой интерес вызывают исследования закономерностей развития трещин усталости и установление статистических зависимостей, связанных с кинетикой их развития.

В настоящей работе проанализированы характеристики сопротивления усталости, полученные по моменту образования трещины и по окончательному разрушению.

Усталостные испытания проводились на образцах диаметром 8 мм из алюминиевого сплава АВ при плоском изгибе и изгибе с вращением. В случае плоского изгиба в процессе испытания поддерживалось постоянное перемещение сечения образца, а при изгибе с вращением — изгибающий момент.

При испытаниях осуществлялись периодические осмотры опасного сечения образца с помощью микроскопа с целью выявления момента возникновения трещины и получения данных о процессе ее развития по числу циклов.

В соответствии с методикой, изложенной в работе [1], результаты эксперимента (рис. 1) представлены в виде кривых распределения долговечностей по началу образования трещины и по разрушению в зависимости от вероятности. Как видно из графика, с увеличением вероятности происходит заметное сближение кривых распределения долговечности по трещине и по разрушению, что говорит о снижении относительного периода развития трещины с ростом вероятности.

На рис. 2 показана зависимость относительных периодов до образования трещины от уровня напряжений. Из графика следует, что относительный период до образования трещины, подсчитанный для вероятности $P=50\%$, растет с уменьшением уровня напряжений. Это связано с тем, что на высоких уровнях больший объем

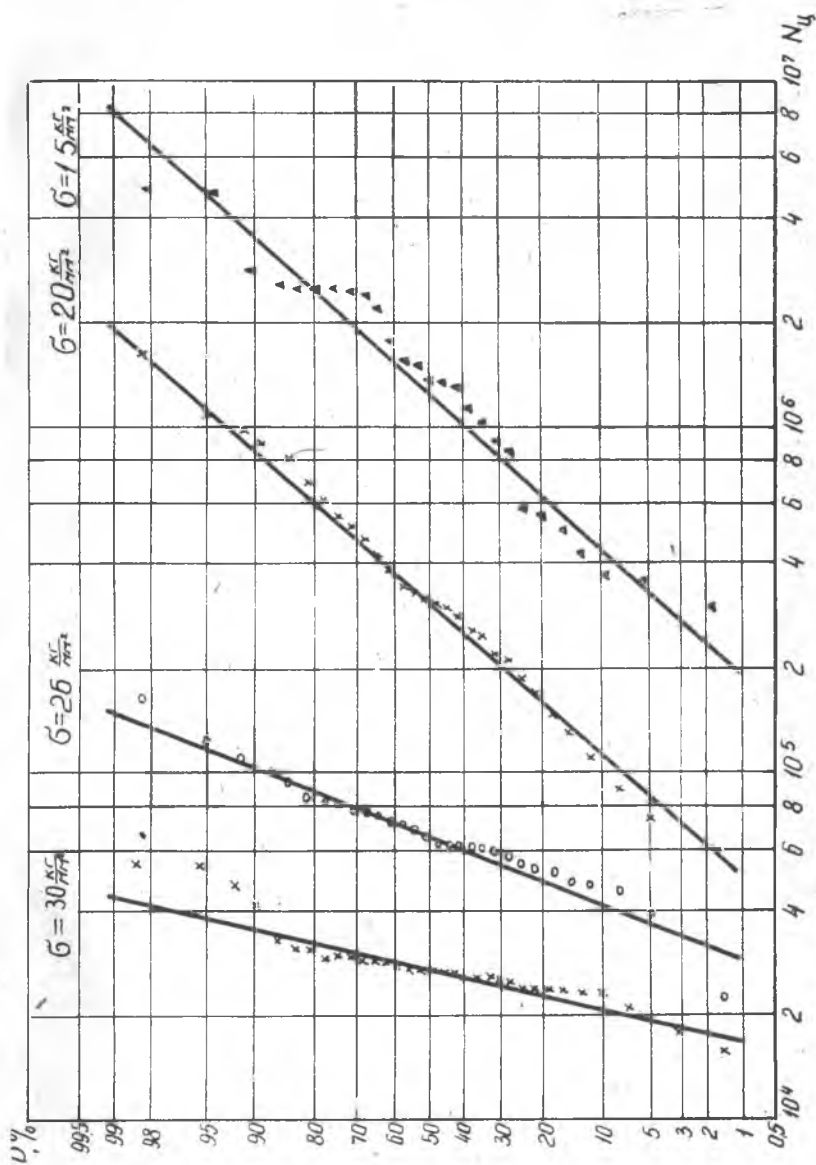


Рис. 1. Зависимость времени развития трещин от вероятности

металла подвержен воздействию предельных напряжений и поэтому трещина возникает на более ранней стадии.

Если сравнивать кривые усталости по трещине и по разрушению для различных вероятностей (рис. 3), то можно отметить сближение кривых усталости с увеличением долговечности для различных вероятностей разрушения. Однако по мере снижения

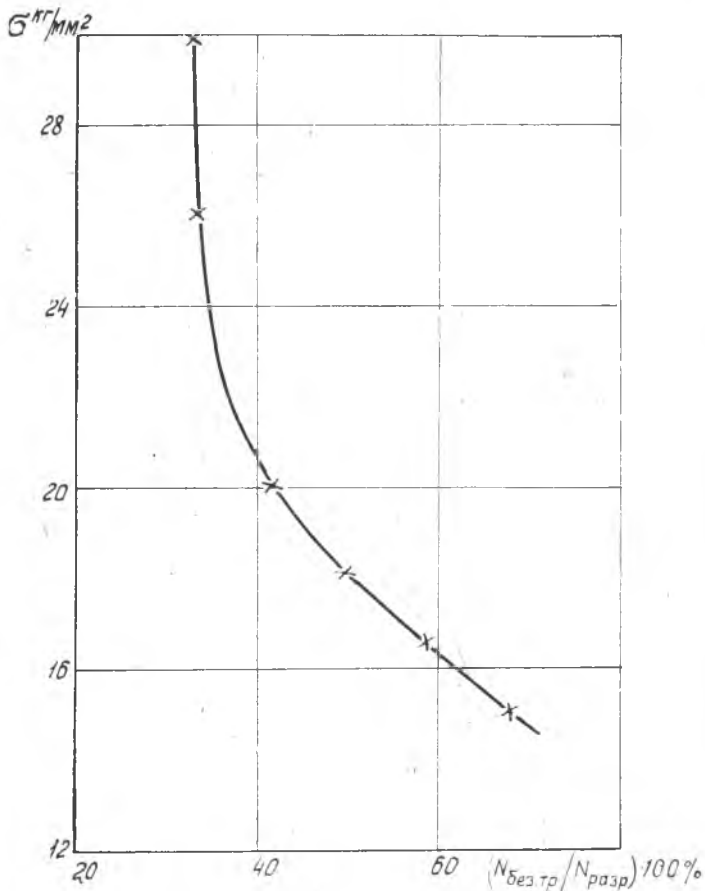


Рис. 2. Зависимость относительных периодов до образования трещины от уровня напряжений

уровня напряжений с 30 кг/мм² до 15 кг/мм² (рис. 4) время развития трещины усталости увеличивается в среднем в 40—50 раз при несущественном изменении ее конечной длины. Это свидетельствует о замедлении средней скорости развития трещины усталости на малых уровнях напряжений.

На рис. 5 показана зависимость среднеквадратичного отклонения логарифма долговечности до образования трещины и до раз-

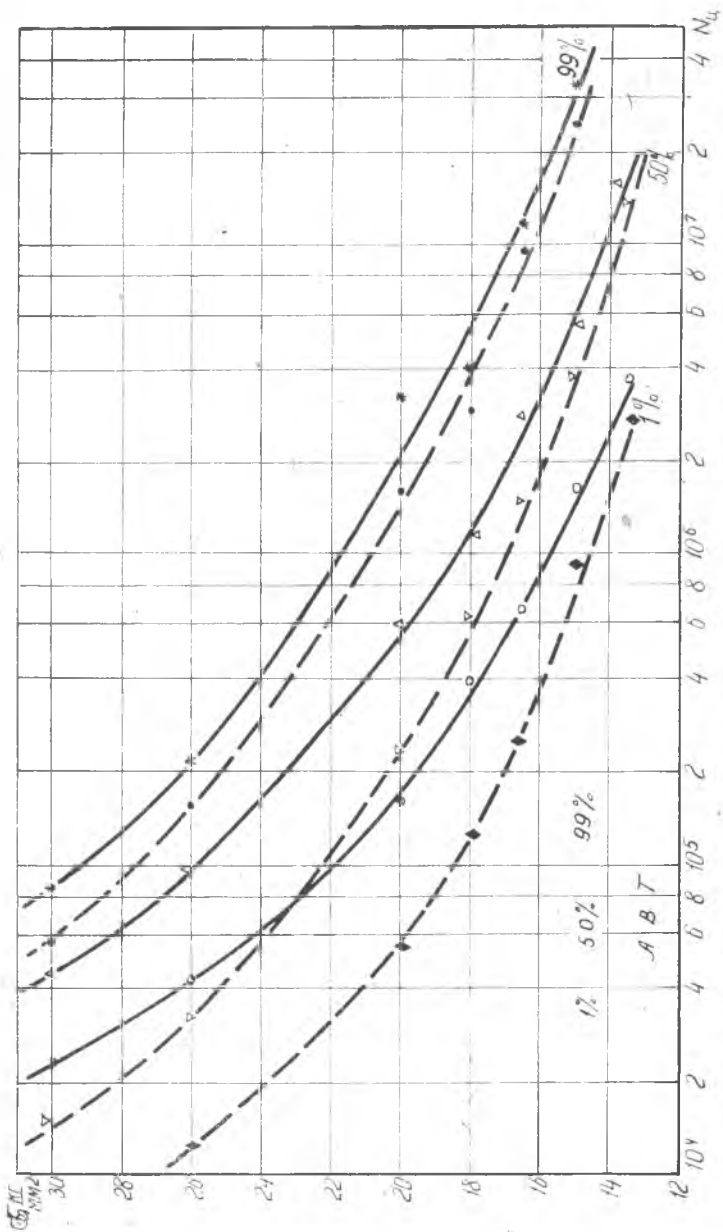


Рис. 3. Кривые усталости для различных вероятностей: по трещине — пунктирные линии; по разрушению — сплошные линии

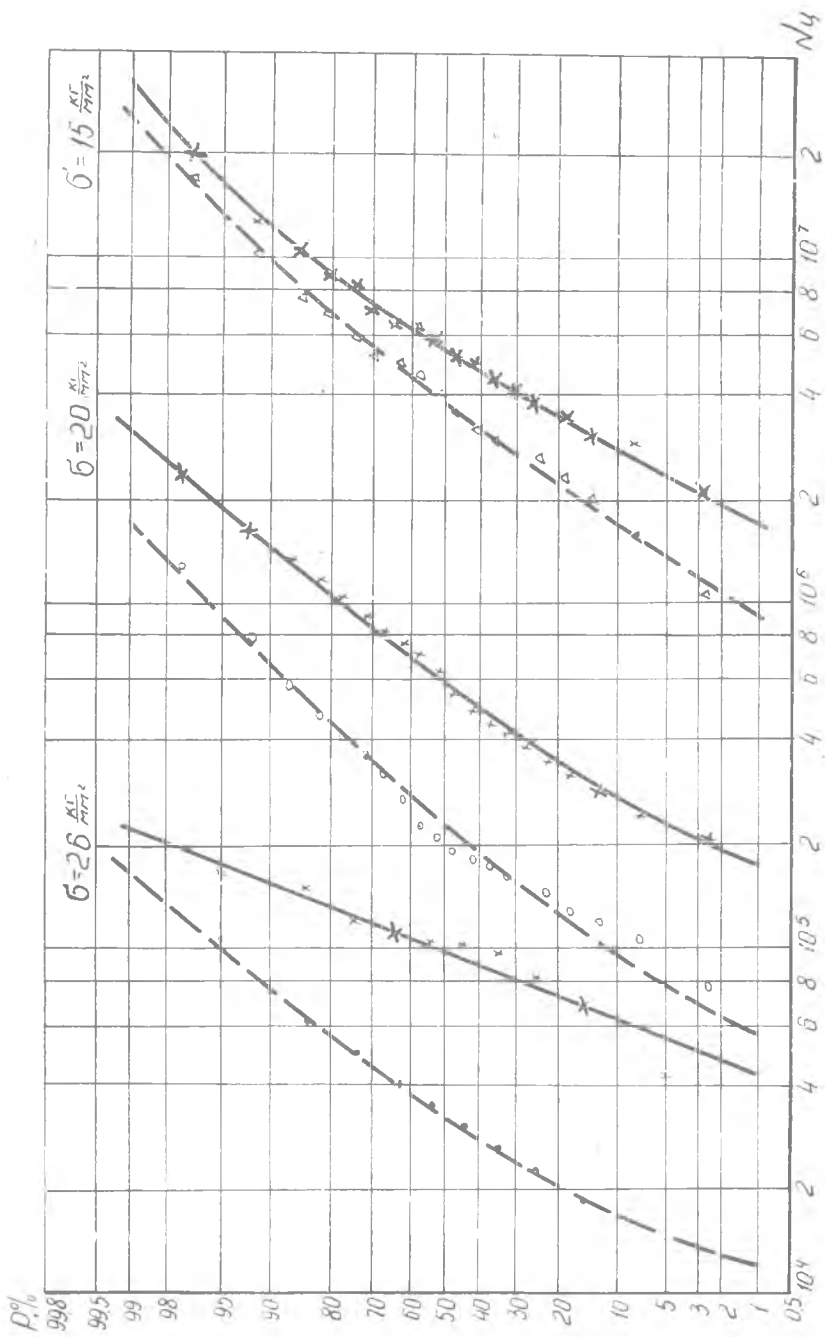


Рис. 4. Кривые распределения долговечности образцов:

— пунктирные линии; по разрушению — сплошные линии

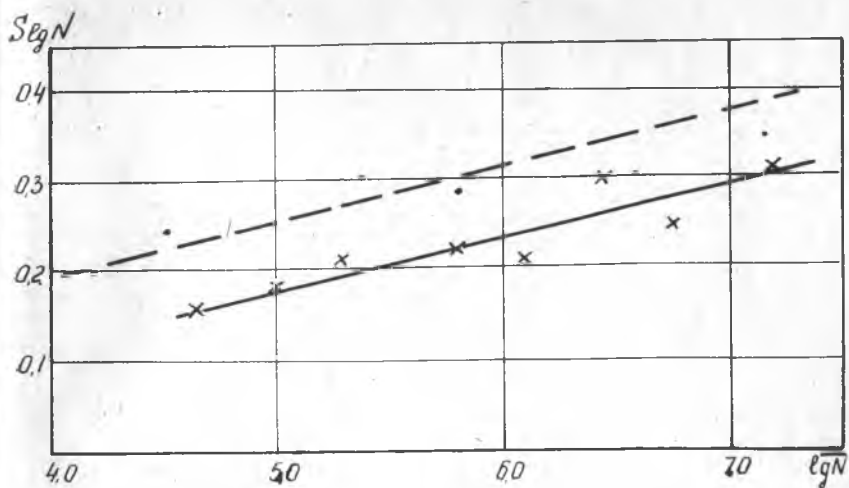


Рис. 5. Зависимость среднеквадратичного отклонения логарифма долговечности от среднего логарифма долговечности по трещине (пунктирная линия) и по разрушению (сплошная линия)

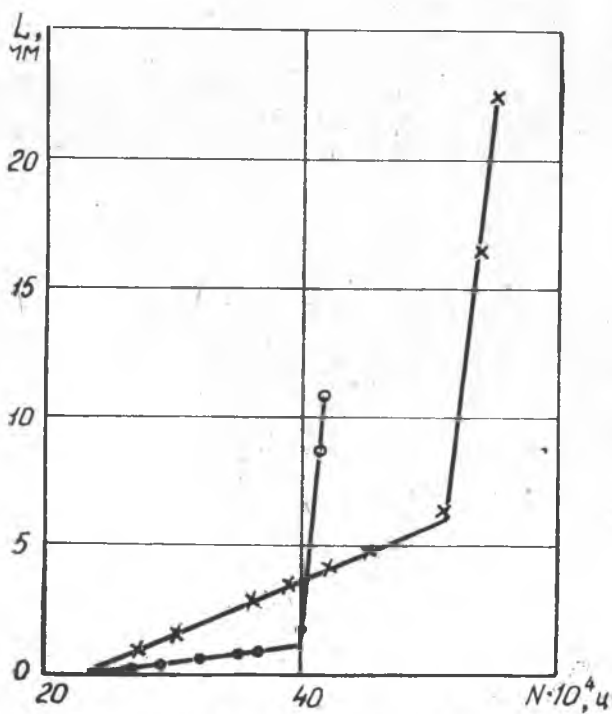


Рис. 6. Зависимость длины трещины от числа циклов

рушения от среднего логарифма долговечности. Из графика видно, что рассеивание долговечности до образования трещины превышает рассеивание долговечности по разрушению.

Если рассматривать процесс увеличения длины трещины в зависимости от числа циклов (рис. 6), то можно отметить два периода.

Первый период развития трещины представляет собой процесс, в течение которого скорость развития трещины остается постоянной. Этот период занимает 85—95% всего времени развития трещины. Наличие первого периода в развитии трещин усталости можно видеть из данных, представленных в работе [2]. При числе циклов, непосредственно предшествующем разрушению, наступает второй период развития трещин усталости, период значительного роста скорости развития трещин.

Изменение длины трещины по числу циклов, показанное на рис. 6, зафиксировано при напряжении $\sigma = 20 \text{ кг/мм}^2$.

ВЫВОДЫ

1. Распределение периодов развития трещин усталости (рис. 6) показывает, что скорость развития трещин значительно выше при высоких уровнях напряжения.

2. Рассеивание долговечности по образованию трещины превышает рассеивание долговечности по разрушению.

3. Время развития трещин усталости можно подразделить на два периода, из которых наиболее значителен, в смысле своей продолжительности, первый период — период постоянной скорости развития трещин.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Н. Степнов. Об оценке вероятности разрушения при усталостных испытаниях. Сб. «Конструкционная прочность легких сплавов и сталей». Труды МАТИ. Издательство «Машиностроение» 1964, № 61.

2. М. Я. Гальперин. О рассеянии характеристик выносливости по началу образования трещины и по окончательному разрушению. Сб. «Механическая усталость в статистическом аспекте». Изд-во «Наука», 1969 г.