

К ВОПРОСУ О КИНЕТИКЕ НАКОПЛЕНИЯ УСТАЛОСТНОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ

Л.С.Ляхович, Б.В.Бабушкин, А.Я.Кулик

Исследование процессов развития усталостной повреждаемости однородных материалов проводилось различными авторами по анализу характера изменения электромагнитных свойств при циклическом нагружении [1,2].

В настоящей работе представлены результаты изучения электромагнитным методом кинетики накопления обратимой и необратимой усталостной повреждаемости борированной стали.

Исследование проводилось при циклическом консольном изгибе плоских образцов из стали 20, подвергнутой диффузионному насыщению из расплава 70% бору и 30% карбида бора при $T = 950^{\circ}\text{C}$ в течение 4 час. При этом максимальная глубина боридного слоя составляла 140 мкм, сплошного слоя — 100 мкм. Измерение электромагнитных характеристик осуществлялось на переменном токе дифференциальным методом [3]. При частоте 15 кГц в.д.с. вторичного сигнала дифференциального датчика несла информацию об изменении магнитной проницаемости с глубин до 170 ± 200 мкм. Параллельно измерению магнитной проницаемости при циклическом нагружении проводилось измерение электросопротивления, внутреннего трения и микротвердости переходной зоны между иглами боридов.

Изучение микротвердости показало, что основные процессы усталостного упрочнения и разупрочнения протекают под боридным слоем, точнее на границе игл боридов и переходной зоны.

На рис. 1 показано изменение магнитной проницаемости в процессе циклического нагружения при различных значениях напряжения испытания.

Как было показано в [3], первые минимумы на кривых соответствуют наибольшему увеличению микротвердости твердого раствора переходной зоны. Последующий максимум свидетельствует о начале процессов накопления обратимой повреждаемости — субмикроскопических нарушений сплошности. Второй минимум совпадает с началом накопления обратимой повреждаемости — микротрещин. Последний максимум соответ-

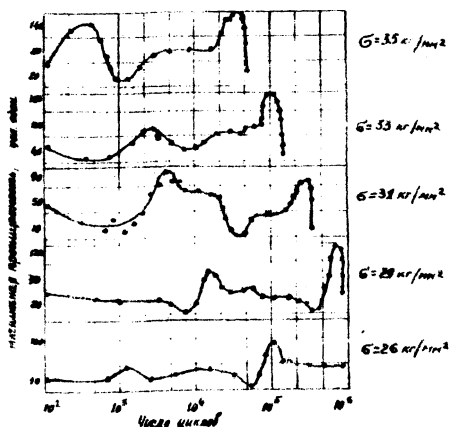


Рис. 1

Изменение магнитной проницаемости в процессе усталости борированной стали 20.

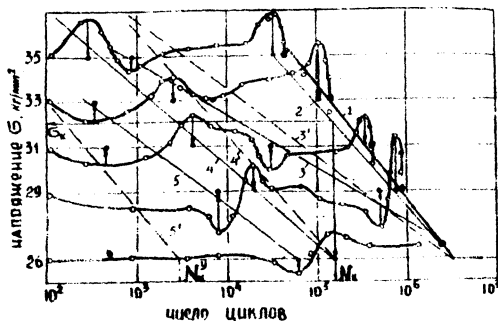


Рис. 2

Диаграмма усталости борированной стали 20.

стствует усталостному разрушению – распространению макротрещины по сечению образца.

Таким образом, геометрическое место соответствующих точек в координатах σ - $\lg N$ дает основные линии диаграммы усталости.

На рис. 2 представлена диаграмма усталости борированной стали 20. Линия 1 соответствует усталостному разрушению; линия 2 – образованию макротрещины; линия 3 – образованию необратимой повреждаемости; линия 4 – образованию обратной повреждаемости; линия 5 – упрочнению. На рис. 2 показана также линия упрочнения (5'), построенная по данным [5]; линия обратной повреждаемости (4') из условия параллельности линии Велера и линия необратимой повреждаемости (3'), построенная методом Френча, описанным в [4].

Диаграмма дает возможность определить структурно-энергетические критерии усталостного разрушения, предложенные Ивановой [4].

Энергетическими критериями усталости являются: N_K - критическое число циклов или число циклов до появления обратимой повреждаемости при напряжении, равном пределу усталости; σ_K - критическое напряжение или напряжение, при котором появляется усталостная макротрещина за N_K циклов; N_W - число циклов до появления горизонтального участка на кривой Велера; N_K^y - число циклов упрочнения при напряжении, равном пределу усталости; α_σ - приведенное напряжение разрушения, равное $\sigma_K - \sigma_{-1}$.

Критическое число циклов N_K борированной стали 20, как видно из диаграммы, равно $1,5 \cdot 10^5$, в то время как для ложноборированной стали 20 оно равно $2 \cdot 10^5$. Критическое напряжение σ_K равно 32 кг/мм^2 .

Таким образом, приведенное напряжение разрушения α_σ равно 6 кг/мм^2 . Эта величина совпадает с теоретически рассчитанной по формулам работы [4]. Как показано в [4], линия обратимой повреждаемости для образцов из различных металлических материалов параллельна линии усталостного разрушения.

Тогда, построив линию обратимой повреждаемости и зная критическое число циклов, можно определить предел усталости и построить линию Велера. Этот метод делает возможным экспресс-анализ предела усталости и долговечности при испытании образца до числа циклов менее 1% от долговечности.

Л и т е р а т у р а

1. К. В. Маркевич. Дефектоскопия, № 2, 1967.
2. Г. И. Карлов, Г. С. Быструшкин. "Заводская лаборатория", № 7, 1968.
3. Л. С. Ляхович, Б. В. Бабушкин, А. Я. Кулик. Физико-химическая механика материалов. № 4, 1969.
4. В. С. Ивэнова. Усталостное разрушение сталей, М., Металлургия, 1963.
5. Р. Л. Коган. Прочность металлов при переменных нагрузках. Изд-во АН СССР, М., 1963.