

УДК 536-1

Синергетический подход оценки границы между обратимыми и необратимыми процессами накопления повреждаемости в металлах

Кунавин Сергей Алексеевич^(*)

kun-serg@mail.ru

АО «НПО «ЦНИИТМАШ», Москва, Россия

Аннотация. На основе подходов синергетики рассмотрен процесс накопления повреждаемости в металле лабораторных образцов алюминиевого сплава при циклическом термомеханическом нагружении. Установлено наличие пороговых напряжений, являющихся границами областей, в которых реализуются подобные процессы накопления повреждаемости. Предложен метод построения линии, разделяющей области обратимой и необратимой повреждаемости, основанный на определении остаточной прочности образцов, деталей, элементов конструкций.

Ключевые слова: усталостное разрушение, подходы синергетики, открытые системы, стадийность накопления повреждаемости, дефектные структуры, пороговые напряжения, остаточная прочность

Введение. Экспериментальные исследования процесса усталостного разрушения (УР) металлических материалов показали, что лабораторный образец, подвергаемый воздействию переменного термомеханического нагружения, можно рассматривать в качестве открытой системы, обменивающейся веществом и энергией с окружающей средой [1, 2]. В таких системах процесс накопления повреждаемости носит эволюционный характер и сопровождается формированием различного типа пространственно-временных дефектных структур в виде образования, движения и скопления точечных дефектов, дислокаций (дислокационных структур), дисклинаций. Все эти процессы проходят на различных масштабных уровнях, обуславливая многоуровневый и многостадийный характер процесса УР. Принято выделять две основные стадии процесса УР: стадию зарождения и развития усталостной трещины, которые разделяются линией необратимой повреждаемости (часто называемой линией Френча). Надежное определение этой линии является важной практической задачей, поскольку позволяет с большой степенью достоверности определять допустимое число циклов нагружения, до которого реализуются условия формирования обратимой повреждаемости. В данной работе, на примере циклических испытаний алюминиевого сплава АМгб исследовали возможность в качестве критериальной оценки достижения этой линии использовать значения остаточной прочности образца, детали.

Материалы и методы; результаты. Циклические испытания проводили на цилиндрических образцах, вырезанных из полуфабрикатов алюминиевого сплава АМгб в условиях чистого изгиба с вращением. График кривой усталости строили по медианным значениям полосы разброса N_p . Испытания прово-

дили при двух значениях температур $T = 20$ и 105 °С. На образцах с макротрещиной различного размера определяли значения остаточной прочности. На кривой усталости сплава АМгб были определены пороговые значения напряжений σ_{ki} , при достижении которых происходит изменение характера развития усталостного разрушения, одним из признаков которого является характер зарождения и развития усталостных трещин (многоочаговый, одноочаговый). Внутри границ пороговых напряжений сохраняется подобный характер последовательности формирования и эволюции микродефектных самоорганизующихся структур (точечные дефекты с отдельными дислокациями; дислокационные скопления или клубки, устойчивые полосы скольжения; ячеистые и полосовые дислокационные структуры с повышенной плотностью дислокаций на границах ячеек и полосовых образований, что является основой для образования субмикротрещин в пределах субзерен). Повышение температуры испытаний не изменяет полученной закономерности, но приводит к снижению значений σ_{ki} .

Заключение. Показано, что образец, испытываемый в лабораторных условиях при циклическом нагружении является открытой системой, в котором реализуются процессы формирования дефектных структур в соответствии с принципами синергетики. Установлено наличие пороговых напряжений, в границах которых реализуется подобный характер формирования и развития дефектных структур. Это позволяет с помощью технологических операций вернуть дефектную структуру к исходному состоянию или замедлить процесс дальнейшего накопления повреждаемости.

Список источников

- [1] Иванова В.С. *Синергетика разрушения и механические свойства. Синергетика и усталостное разрушение металлов*. Москва, Наука, 1989, с. 6–29.
- [2] Терентьев В.Ф. *Эволюция структуры при усталости металлов как результат самоорганизации диссипативных структур. Синергетика и усталостное разрушение металлов*. Москва, Наука, 1989, с. 76–86.