

Исследования усталостных изломов шлифованных и упрочненных образцов позволило определить характерные зоны разрушения: зона зарождения трещины, зона перехода, которая характеризуется признаками смешанного разрушения, и зона долома. Существенным отличием не упрочненных и упрочненных образцов является то, что в первом случае зарождение трещины начинается с поверхности, а в упрочненных образцах зона зарождения трещины находится на некоторой глубине и характеризуется наличием усталостных макросколов (рис.2).

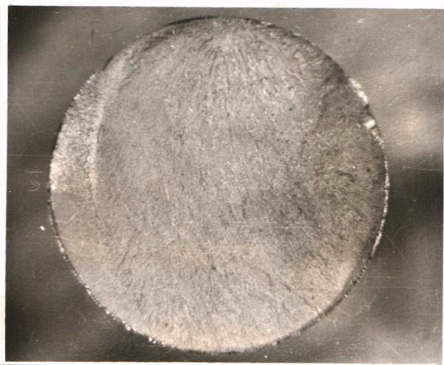


Рис.2. Усталостный излом упрочненного образца из сплава VT9

В зависимости от режимов упрочнения предел выносливости титановых сплавов повышается до 450 МПа, что определяется особенностями физического состояния поверхностного слоя в условиях высокочастотного циклического воздействия ультразвуковых колебаний.

При этом положительное влияние упрочнения заключается также и в том, что упрочненный слой ограничивает выход дислокаций на поверхность при циклическом деформировании, обуславливая этим повышение общей энергоемкости материала и, как следствие, повышение усталостной прочности.

Библиографический список

1. Вологин, М.Ф. Применение ультразвука и взрыва при обработке и сборке / М.Ф. Вологин [и др.]. - М.: Машиностроение, 2002. 264с.
2. Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов. - М.: Машиностроение, 1989. 237с.

УДК 62-752

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ С РЕЛАКСАЦИОННЫМ ГИСТЕРЕЗИСНЫМ ДЕМПФИРОВАНИЕМ

Шакиров Ф.М.

Самарский государственный аэрокосмический университет

MODELING OF DYNAMICS OF SYSTEM WITH RELAXATION HYSTERETIC DAMPING

Shakirov F.M. The paper describes a hysteretic relaxation damping model and results of the study on its basis of dynamics of system.

Исследования энергодиссипационных характеристик конструкционных и эластомерных материалов показывают, что свойство внутреннего трения многих из них, а в некоторых случаях и внешнего сухого трения может быть описано вязким демпфером, у которого коэффициент вязкого демпфирования d изменяется обратно пропорционально частоте возмущающего сигнала ω : $d = k/\omega$, где k – коэффициент гистерезисного демпфирования. Демпферная сила в этом случае пропорциональна относительному перемещению, но находится в фазе с отно-

сительной скоростью через демпфирующий элемент. А рассеянная за цикл колебаний энергия независима от частоты колебаний, в отличие от вязкого демпфирования, диссипированная энергия при котором линейно зависит от ω .

Виброзащитное устройство (ВЗУ) в форме модели Пойнтинга–Томпсона (иначе – Зенера) с гистерезисным типом демпфирования может служить для описания свойств находящихся в условиях гармонического вибровозмущения составных подвесок в форме комбинации элемента из сплошного

материала (эластомерного или конструкционного) и расположенного последовательно ему упругого элемента.

Математическая модель предполагает допущения: масса основания значительно превосходит массу объекта и обе недеформируемые; объект является точечной массой, а колебательная система имеет сосредоточенные параметры; элементы связи объекта с основанием обладают пренебрежимо малой массой; упругий и диссипативный элементы имеют линейные характеристики; колебания являются установившимися однонаправленными.

Из множества передаточных функций и связанных с ними частотных характеристик, которые можно получить на основании составленной модели, рассмотрены наиболее часто используемые для оценки прочности и структурной целостности объекта, основания и их связей. При кинематическом возмущении это передаточные функции по абсолютному и относительному параметру (перемещение, скорость, ускорение). В случае силового возмущения это передаточные функции по перемещению, по скорости и по ускорению.

Для указанных выше модулей частотных передаточных функций выявлены выражения координат инвариантных точек АЧХ и оптимальных значений коэффициента потерь как функций безразмерной жесткости подвески. Эти уровни коэффициента потерь обеспечивают соблюдение условий минимаксов АЧХ.

Поведение колебательной системы с релаксационным гистерезисным демпфированием во многом похоже на поведение колебательной системы с релаксационным вязким демпфированием, но имеет и явные отличия. Так, для рассмотренных АЧХ характерно:

1) при нулевом и бесконечном гистерезисном демпфировании АЧХ имеют предельные положения, через точку пересечения которых – инвариантную точку – проходят линии АЧХ при конечных уровнях демпфирования. Обе предельные резонансные кривые по виду идентичны резонансной кривой консервативной системе;

2) с ростом уровня гистерезисного демпфирования в системе максимумы АЧХ вначале снижаются, проходят через минимум, совпадающий с инвариантной точкой и зависящий только от величины безразмерной

жесткости, а затем возрастают. Безразмерные резонансные частоты при этом только возрастают (в отличие от случая вязкого демпфирования);

3) инвариантные точки АЧХ при гистерезисном демпфировании совпадают с инвариантными точками аналогичных АЧХ при вязком демпфировании в пределах одной и той же по структуре колебательной системы;

4) один из пары низко- и высокочастотных модулей всех указанных частотных передаточных функций зависит от гистерезисного демпфирования, второй – нет (в отличие от случая вязкого демпфирования), а темпы затухания низко и высокочастотных колебаний равны соответствующим показателям консервативной системы;

5) как и при вязком демпфировании диапазоны низко- и высокочастотной виброизоляции являются функциями параметров демпфирования и безразмерной жесткости. Диапазоны виброизоляции в низкочастотной области не меньше, а в высокочастотной – не больше аналогичных диапазонов консервативной системы;

6) уровень гистерезисного демпфирования в системе можно оптимизировать при данном значении параметра безразмерной жесткости с целью достижения минимальной величины резонансного пика АЧХ;

7) резонансные значения всех АЧХ мало чувствительны к изменению уровня демпфирования в окрестности его оптимума;

8) при малых величинах гистерезисного демпфирования резонансные частоты всех АЧХ приблизительно равны собственной частоте консервативной системы для всех значений параметра безразмерной жесткости;

9) одновременное обеспечение относительной устойчивости резонансных значений АЧХ и их резонансных частот к флуктуациям гистерезисного демпфирования в окрестности оптимальной его величины) возможно только для части из указанных выше передаточных функций.

При заданной недемпфированной собственной частоте ω_0 , величина которой обычно зависит от статической осадки системы, выбор значений параметров демпфирования и жесткости для рассматриваемой модели может иметь или не иметь компромиссного характера в зависимости от того, модуль какой частотной передаточной функции является при этом приоритетным.