

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НАПРОЧНОСТЬ ПРИ ПОВТОРНО-ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ В СЕЙСМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЯХ

Сеитов Б.М. д.т.н., профессор, Абдуллаев У.Д. (аспирант)

Ошский технологический университет, (OshTU.Kg @ mail.ru)

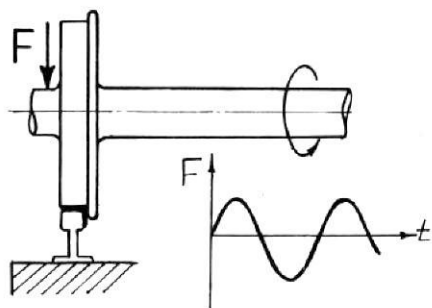
Аннотация

В настоящей статье рассматриваются некоторые вопросы и прочности материалов при циклическименяющихся напряжениях. Даны рекомендации по формированию основных принципов «усталости», материал как бы под действием многократных периодических нагрузок устает.

Abstract

This article discusses some of the issues and the strength of materials under cyclic varying voltages. The recommendations on the formation of the basic principles of "fatigue" , as if the material under the action of repeated loads periodic tired .

К динамическим нагрузкам, несмотря на отсутствие значительных инерционных сил, можно отнести периодические многократно повторяющиеся (циклические) нагрузки, действующие на элементы инженерных конструкции. Такого рода нагружения характерны для большинства машиностроительных конструкций, таких, как оси, валы, штоки, пружины, шатуны и т. д. (рис.1).



Как показывает практика, нагрузки, циклически изменяющиеся во времени по величине или по величине и по знаку, могут привести к разрушению конструкции при напряжениях, существенно меньших, чем предел текучести (или предел прочности). Такое разрушение принято называть «усталостным». Материал как бы «устает» под действием многократных периодических нагрузок.

Усталостное разрушение - разрушение материала под действием повторно- переменных напряжений;

Усталость материала - постепенное накопление повреждений в материале под действием переменных напряжений, приводящих к образованию трещин в материале и разрушению;

Выносливость - способность материала сопротивляться усталостному разрушению.

Физические причины усталостного разрушения материалов достаточно сложны и еще не до конца изучены. Одной из основных причин усталостного разрушения принято считать образование и развитие трещин. Механизм усталостного разрушения во многом связан с неоднородностью реальной структуры материалов (различие размеров, очертаний, ориентации соседних зерен металла; наличие различных включений - шлаков, примесей; дефекты кристаллической решетки, дефекты поверхности материала - царапины, коррозия и т. д. (рис.2). В связи с указанной неоднородностью при переменных напряжениях на границах отдельных включений и вблизи микроскопических пустот и различных дефектов возникает концентрация напряжений, которая приводит: к микропластическим деформациям сдвига некоторых зерен металла (при этом на поверхности зерен могут появляться полосы скольжения) и накоплению сдвигов (которое на некоторых материалах проявляется в виде микроскопических бугорков и впадинок - экструзий и интрузий (рис.3);

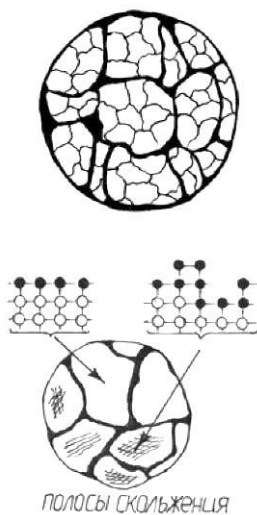


рис.2



рис.3

затем происходит развитие сдвигов в микротрещины, их рост и слияние; на последнем этапе появляется одна или несколько макротрещин, которая достаточно интенсивно развивается (растет). Края трещины под действием переменной нагрузки притираются друг об друга, и поэтому зона роста трещины отличается гладкой (полированной) поверхностью. По мере роста трещины поперечное сечение детали все больше ослабляется, и наконец происходит внезапное хрупкое разрушение детали, при этом зона хрупкого излома имеет грубозернистую кристаллическую структуру (как при хрупком разрушении).

Усталостная прочность материалов при повторно-переменном нагружении во многом зависит от характера изменения напряжений во времени. При этом далее будем изучать периодические нагрузки.

Периодическая нагрузка - переменная нагрузка с установившимся во времени характером изменения, значения которой повторяются через определенный промежуток (период) времени; Цикл напряжений - совокупность всех значений переменных напряжений за время одного периода изменения нагрузки (рис.4).

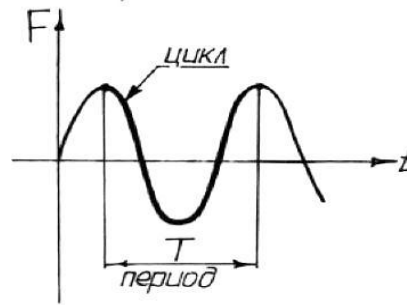
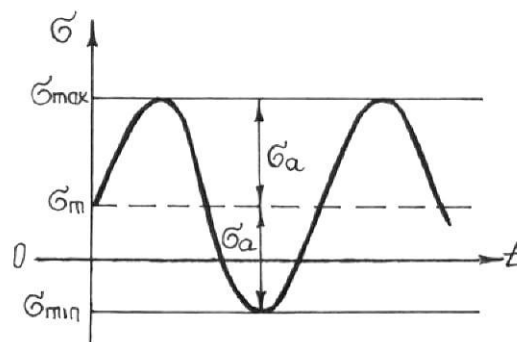


рис.4 периодическая нагрузка

Цикл напряжений может описываться любым периодическим законом, чаще всего - синусоидальным. Однако прочность материала при циклическом нагружении зависит не от закона изменения напряжений во времени, а в основном от значений наибольшего (максимального, σ_{max}) и наименьшего (минимального, σ_{min}) напряжений в цикле.

Обычно цикл напряжений характеризуется двумя независимыми из следующих основных характеристик (параметров цикла): σ_{max} - максимальное напряжение цикла (наибольшее в алгебраическом смысле напряжение цикла); σ_{min} - минимальное напряжение цикла (наименьшее в алгебраическом смысле напряжение цикла); σ_m - среднее напряжение цикла (полу сумма наибольшего и наименьшего напряжений цикла) (рис.5).



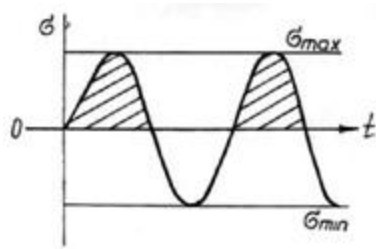
$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2};$$

рис.5

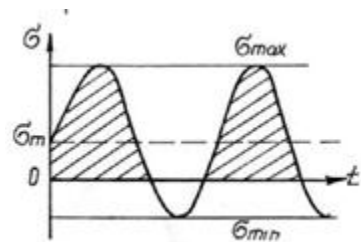
σ_a - амплитудное напряжение цикла (полу разность наибольшего и наименьшего напряжений цикла) $\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2};$

R- коэффициент асимметрии цикла напряжений (отношение наименьшего и наибольшего напряжений цикла) $R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$

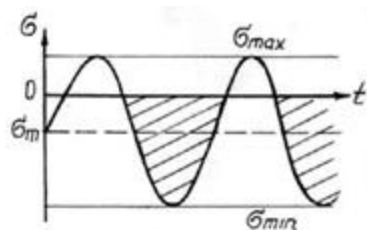
В зависимости от величины перечисленных характеристик циклы напряжений могут быть подразделены на следующие основные типы:



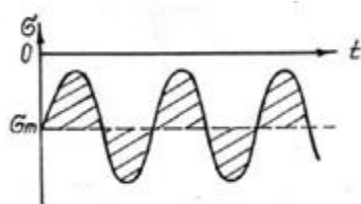
симметричный цикл - максимальное и минимальное напряжения равны по абсолютной величине и противоположны по знаку $\sigma_{max} = -\sigma_{min}$. $R = -1$;



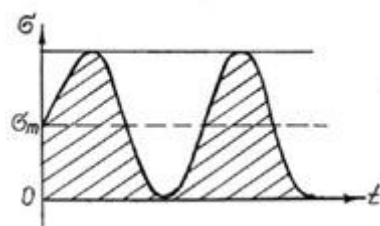
асимметричный цикл- максимальное и минимальное напряжения не равны по абсолютной величине ($\sigma_{max} \neq -\sigma_{min}$), при этом асимметричный цикл может быть знакопеременным или знакопеременным;



знакопеременный цикл - максимальное и минимальное напряжения не равны по абсолютной величине и противоположны по знаку ($\sigma_{max} \neq -\sigma_{min}$ $R < 0$, $R \neq -1$);



знакопостоянный цикл - максимальное и минимальное напряжения не равны по абсолютной величине и имеют одинаковый знак ($\sigma_{max} \neq -\sigma_{min}$ $R > 0$, $R \neq 1$);



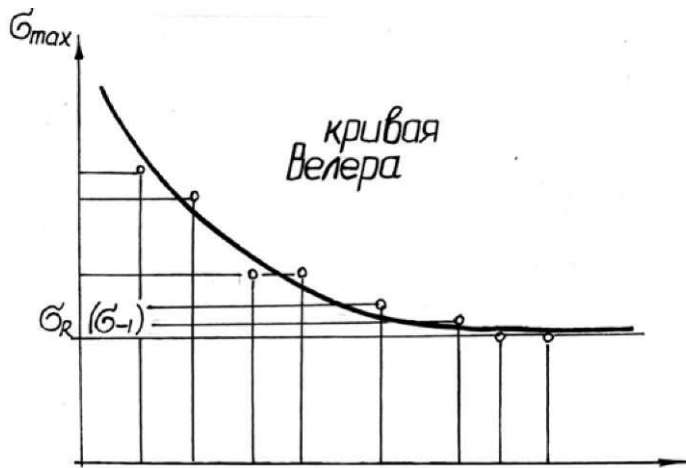
отнулевой (пульсирующий) цикл - максимальное или минимальное напряжения равны нулю $\sigma_{min} = 0$ или $\sigma_{max} = 0$, $R = 0$ или $R = \infty$);

Циклы с одинаковым коэффициентом асимметрии R называют подобными. R меняется от $+\infty$ до -1 .

Теперь, в дополнение к уже известным нам механическим характеристикам материала, введем некоторые новые, связанные со спецификой циклического нагружения. Эти характеристики могут быть определены путем специально поставленных экспериментов - испытаний на усталость (выносливость). Схема простейшей машины для испытаний на усталость выглядит следующим образом: образец 1 устанавливается в патроне 2 машины, который вращается с определенной скоростью; на другом конце образца устанавливается подшипник 3, через который передается поперечная сила F , изгибающая образец. При вращении образца в его наружных волокнах будут возникать то растягивающие, то сжимающие напряжения (симметричный цикл). Такое циклическое

нагружение приводит, в конце концов, к разрушению образца, после чего машина автоматически останавливается, а специальный счетчик фиксирует число циклов (число оборотов образца) до разрушения образца.

Обработка результатов усталостных испытаний обычно сопровождается построением кривой усталости¹. Кривую усталости строят по точкам в координатах:



циклов N - максимальное по модулю напряжение $\sigma = \sigma_{max}$ или в координатах $(\sigma, \lg N)$, $(\lg \sigma, \lg N)$. Каждому разрушившемуся образцу на диаграмме соответствует одна точка с координатами N (число циклов до разрушения данного образца) и σ_{max} (максимальное по абсолютной величине напряжение цикла при

испытании).

Кривые усталости для цветных металлов не имеют горизонтальных участков. Поэтому для них база испытаний увеличивается до $N_6=10^8$ и устанавливается предел ограниченной выносливости (σ_{-1N}) для данной базы испытаний. Для черных металлов базовое число циклов $N_6=10^7$.

Выводы:

Как видно, кривая усталости (Кривая Велера) показывает, что с увеличением числа цикла максимальное напряжение, при котором происходит разрушение материала, значительно уменьшается. При этом для многих материалов, например углеродистой стали, можно установить такое наибольшее напряжение цикла, при котором образец не разрушается после любого числа циклов (горизонтальный участок диаграммы), называемое пределом выносливости (σ_R). Предел выносливости (усталости) σ_R - наибольшее (предельное) напряжение цикла, при котором не происходит усталостного разрушения образца после произвольно большого числа циклов. Обозначение предела выносливости для симметричного цикла $-\sigma_{-1}$, для от нулевого $-\sigma_0$. Так как испытания нельзя проводить бесконечно большое время, то число циклов ограничивают некоторым пределом, который называют базовым числом циклов. В этом случае, если образец выдерживает базовое число циклов, то считается, что напряжение в нем не выше предела выносливости.

Литература

1. Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. Учебник для студентов вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1975.
2. Л.М. Качанов Основы теории пластичности. 1969.
3. А.А. Ильюшин. Пластичность. Уруго-пластические деформации. 1948.
4. Металлические конструкции: Учебник для вузов/Под ред. Е.И. Беленя. – 6-е изд., М.: Стройиздат, 1986. – 560 с.
5. Металлические конструкции в 3 т., т.1. Элементы стальных конструкций: Методическое указание для строит. вузов/ В.В. Горев и др.: Под ред. В.В. Горева – М.: Высш. шк., 1997. – 527 с.