

УДК 531

Фарзалиев Мамедгусейн Анвер

Докторант (ученая степень: магистр)

Бакинский Государственный Университет

Farzaliyev M. A.

Doctoral student (science degree: master)

Baku State University

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТОНКОСТЕННЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОЛЗУЧЕСТИ С УЧЕТОМ
КОРРОЗИИ**

**DETERMINATION OF THE BEARING CAPACITY OF THIN-WALLED
ELEMENTS OF STRUCTURES UNDER CREEP CONSIDERING
CORROSION**

Аннотация: Статья посвящается изучению несущей способности тонкостенных элементов конструкций при ползучести. При этом температура окружающей среды и давление на стержень считаются постоянными величинами, то есть не изменяющимися величинами с течением времени. В конце статьи выводится формула для определения допускаемого напряжения на стержень при коррозии и ползучести.

Ключевые слова: коррозия, тонкостенный стержень, ползучесть, цилиндр, несущая способность.

Summary: The article is devoted to the study of the bearing capacity of thin-walled elements of designs at creep. In this case the ambient temperature and the pressure on the rod assumed to be constant, that is not changing in the time. At the end of the article shows the formula to determine the allowable stress on the rod at a corrosion and creep.

Key words: corrosion, thin-walled rod, creep, cylinder, load bearing capacity.

Введение

Определение несущей способности тонкостенного стержня при ползучести является важным вопросом сегодняшней науки. Многие конструкции при ползучести ведут себя непредсказуемо. Они либо разрушаются до времени до которой они должны разрушиться или после. Поэтому в этой статье подробно рассматривается зависимость деформаций от времени при ползучести, а также выводится формула для определения максимальных допустимых напряжений для тонкостенного стержня. Это в свою очередь поможет рассчитать максимально допускаяемую нагрузку, которую стержень выдержит под действием деформаций ползучести.

Постановка задачи

Рассмотрим изотропный тонкостенный стержень (рис. 1) круглого поперечного сечения в виде цилиндра. Пусть этот стержень является частью конструкции в которой постоянно происходит коррозия металлов. Коррозия металлов может произойти под водой, на суше, под землей, в воздухе или в результате окислительно-восстановительной реакции. Пусть на этот стержень действует растягивающая сила F . Обозначим через r - внутренний радиус стержня, а через R -внешний радиус стержня.

Основные физические соотношения

Объем цилиндра, как известно будет выражаться формулой:

$$V = \pi r^2 h, \quad (1)$$

где h -высота цилиндра, $\pi=3,14$. Обозначим разность внешнего радиуса цилиндра и внутреннего через Z (Рис.2)

$$Z = R - r \quad (2)$$

Чтобы определить объем всех частиц цилиндра подставим (2) в (1), тогда получим:

$$V_z = \pi Z^2 h \quad (3)$$

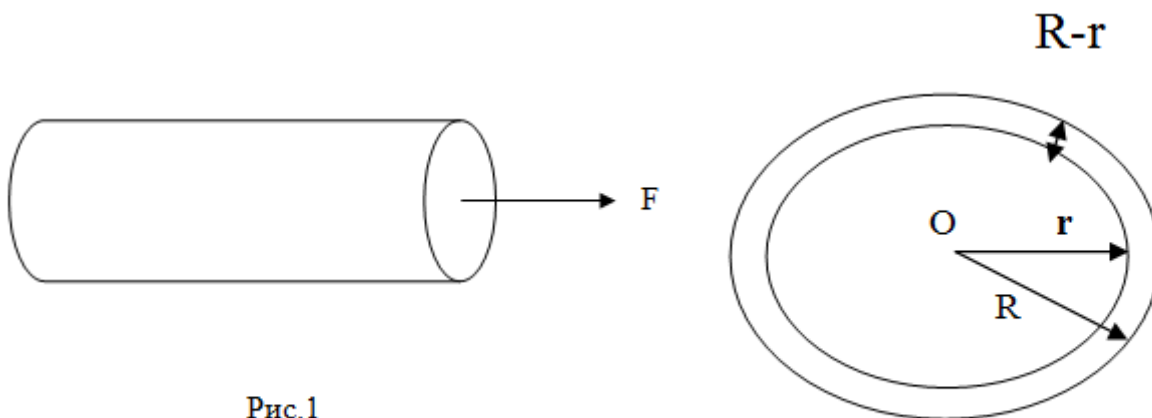


Рис.1

Рис. 2

Напишем уравнение ползучести для этого стержня $\dot{\varepsilon} = B \sigma^n$ (4), где $\dot{\varepsilon} = \frac{d\varepsilon}{dt}$ (5) – скорость деформации при ползучести, а B - некоторая величина, которая зависит от температуры, давления и от объема всех частиц тела (то есть от Z). Но мы здесь примем температуру и давление на стержень постоянными величинами не зависящими от времени. Тогда B будет функцией только объема всех частиц тела, то есть

$$B = \iiint_V f(x, y, z) dx dy dz \quad (6)$$

где $f(x, y, z) = 1$

Рассмотрим трехмерную декартовую систему координат x, y, z . Направим ось z по толщине материала цилиндра то есть по Z ($Z = R - r$). Будем считать коррозию происходящим только относительно оси z , то есть по толщине материала стержня. Так как мы рассматриваем только одномерное растяжение стержня, то в формуле (4) $n=1$. Учитывая это мы получим:

$$\dot{\varepsilon} = B \sigma \quad (7)$$

Так как коррозия происходит только относительно оси z , то объем цилиндра после коррозии будет выражаться по формуле:

$$B = \iiint_V \frac{\partial f(x, y, z)}{\partial z} dx dy dz = \iiint_V \frac{\partial f}{\partial z} dx dy dz \quad (8)$$

Напишем формулу Гаусса-Остроградского:

$$\iiint_V \frac{\partial f(x, y, z)}{\partial z} dx dy dz = \iint_S f dx dy \quad (9)$$

Учитывая (7) в (6) получим:

$$B = \iiint_V \frac{\partial f(x, y, z)}{\partial z} dx dy dz = \iiint_V \frac{\partial f}{\partial z} dx dy dz = \iint_S f dx dy \quad (10)$$

Пусть этот стержень имеет предел прочности σ_{II} . Допускаемые напряжения для этого стержня обозначим через σ_{II} . Как мы знаем из курса сопротивление материалов

$$\sigma_{II} = \frac{\sigma_{II}}{k} \quad (11)$$

Так как во время ползучести происходит упругая и упруго-пластическая деформация, то напишем закон Гука для упругого тела:

$$\sigma_{II} = \varepsilon E \quad (12)$$

где E-постоянный модуль Юнга. Учитывая (12) в (11) получим:

$$\sigma_{д} = \frac{\varepsilon E}{k} \quad (13)$$

Подставляя (10) в (7) получим:

$$\dot{\varepsilon} = \sigma \iint_S f dx dy \quad (14)$$

Учитывая выражение (5) в (14) получим:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \sigma \iint_S f dx dy \quad (15)$$

Умножая обе стороны выражения (15) на dt и проинтегрируя получим:

$$\int_0^{\varepsilon} d\varepsilon = \sigma \int_0^t dt \iint_S f dx dy = \sigma \iint_S dx dy \int_0^t f dt \quad (16)$$

$$\varepsilon = \sigma \iint_S dx dy \int_0^t f dt \quad (17)$$

Здесь t- время до которого будет эксплуатироваться стержень. Из выражения (17) получим:

$$\varepsilon = \sigma t \iint_S f dx dy \quad (18)$$

Подставляя (18) в (13) окончательно получим:

$$\sigma_{д} = \frac{Et\sigma}{k} \iint_S f dx dy \quad (19)$$

где σ - это постоянное напряжение при ползучести, которое может удерживать стержень до разрушения

Выражение (19) будет определять несущую способность тонкостенного цилиндрического стержня при ползучести с учетом коррозии.

Список литературы

1. **Локощенко А. М.** Ползучесть и длительная прочность металлов в агрессивных средах. - М.: Изд-во МГИУ, 2000. — 132 с
2. **Бойцов Ю. И., Данилов В. Л., Локощенко А. М., Шестериков С. А.** Исследование ползучести металлов при растяжении. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997. — 98 с.
3. **Локощенко А. М.** Виброползучесть металлов при одноосном и сложном напряжённых состояниях // Известия РАН. Механика твёрдого тела. — 2014. — №4. — С. 111—120.
4. **Работнов Ю. Н.** Ползучесть элементов конструкций. — М.: Наука, 1966. — 753 с.