

связана с накопленными деформациями) можно по результатам экспериментального определения плотности дислокаций прогнозировать повреждаемость материала, другими словами прогнозировать ресурс пластичности.

Установлено [4], что скорость увеличения плотности дислокаций тем выше, чем выше среднее напряжение в очаге деформации (растягивающие напряжения – положительны) и чем ниже значение предельной степени деформации сдвига. Этот фактор должен учитываться при построении тарировочных зависимостей повреждаемости от плотности дислокаций. Известно, что деформации в различных зернах металла при пластическом формоизменении имеют значительный разброс значений. Отсюда вытекает требования к экспериментальному определению плотности дислокаций: она должна определяться как среднее значение по множеству зерен.

1. Militzer, M. Microstructure Model for Hot Strip Rolling of HSLA Steels / Militzer M., Howbolt E.B., Meadowcroft T.R. // Metall. Mater. Trans. A. – 2000. – Vol. 32A. – P. 1247–1259.
2. Дудников, А. А. К вопросу влияния пластического деформирования на прочность деталей [Текст]: 5/7, 2011. – (Вост.-Европ. журн. передовых технологий) // Вост.-Европ. журн. передовых технологий. – С. 41-43.
3. Юркевич, Н. П. Дислокации и их влияние на механические свойства твердых тел / Н. П. Юркевич, С. И. Петренко. – Минск: БНТУ, 2011. – 19 с.
4. Кожевникова, Г.В. Пластические свойства металлов и сплавов: феноменологическая деформационная теория разрушения при пластическом течении / Г.В. Кожевникова, В.Я. Щукин. – Минск: Беларус. навука, 2021. – 277 с.

УДК 621.762.4

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СТЕРЖНЕЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дудяк А.И., Дикан Ж.Г., Мелеховец П.А., Сахнович А.Д.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Типичным примером стержней из композиционных материалов являются стержни из биметаллических пар, составленных из материала с разными

значениями модулей Юнга, и работающих на изгиб как консольные или двух опорные балки. В качестве примера можно представить железобетонные балки, широко используемые в строительстве различных сооружений.

Рассмотрим случай чистого изгиба балки прямоугольного поперечного сечения, составленной из двух неоднородных материалов, обладающих различными модулями продольной упругости, т.е. $E_1 > E_2$, при равных площадях сечений $A_1 = A_2$ (рис. 1).

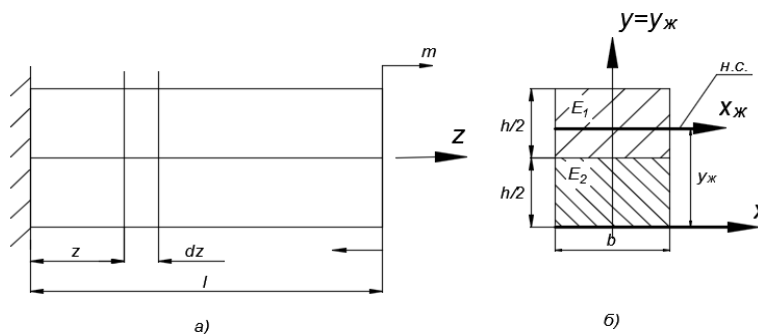


Рис. 1. а) схема нагружения; б) форма сечения балки

В результате деформации верхние слои участка будут растянуты, а нижние сжаты, а правое сечение балки этого участка повернется относительно левого сечения на угол $d\theta$ (рис. 2).

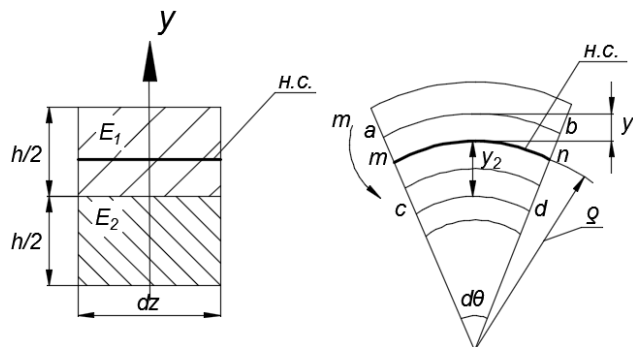


Рис. 2. Деформированное состояние участка балки длиной dz.

Из закона Гука следует:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (1)$$

Таким образом получим:

$$\sigma_1 = E_1 \cdot \frac{y_1}{\rho}; \sigma_2 = E_2 \cdot \frac{y_2}{\rho} \quad (2)$$

Из уравнения статики следует что сумма внешних изгибающих моментов должна уравновешиваться за счет возникновения внутренних изгибающих моментов.

$$\sum F(x) = 0$$

$$M_u - \int_{A_1} \sigma_1 \cdot y_1 \cdot dA_1 - \int_{A_2} \sigma_2 \cdot y_2 \cdot dA_2 = 0 \quad (3)$$

Подставив значения σ_1 и σ_2 из выражения (2) в выражение (3) получим:

$$M_u = \frac{E_1}{\rho} \int_{A_1} y_1^2 \cdot dA_1 + \frac{E_2}{\rho} \int_{A_2} y_2^2 \cdot dA_2 \quad (4)$$

Из последнего уравнения следует:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_u}{(E \cdot I_x)_{np}} \quad (5)$$

Подставим выражение (5) в выражения (2) для определения напряжений в сечении неоднородного стержня окончательно получим:

$$\sigma_1 = \frac{M_u \cdot E_1}{(E \cdot I_x)_{np}} \cdot y_1 \quad (6)$$

$$\sigma_2 = \frac{M_u \cdot E_2}{(E \cdot I_x)_{np}} \cdot y_2 \quad (7)$$

Формулы (6) и (7) позволяют определить напряжения в сечениях балок переменной жесткости.

В случае, когда композиционный материал состоит из «n» числа разнородных материалов, формула для определения нормальных напряжений будет иметь вид:

$$\sigma_i = \frac{M_u \cdot E_i}{(E \cdot I_x)_{np}} \cdot y_i \quad (8)$$

Приведенная методика позволяет определять изменение нормальных напряжений в стержневых конструкциях, составленных из материалов с различными физико-механическими свойствами и жестко соединенных между собой по длине. Подобная методика приводится для стержней из композиционных материалов.

1. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев. –10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1999 – С. 103-122.
2. Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов: учебник / М.Д. Подскребко. – Минск: Вышш. шк., 2007 – С. 203-238.
3. Старовойтов, Э.И. Сопротивление материалов: учебное пособие для студентов технических вузов / Э.И. Старовойтов. – Гомель: БелГУТ, 1999 – С. 49-55.

УДК 539.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ КРУЧЕНИИ СТЕРЖНЯ ИЗ ДВУХ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дудяк А.И., Хвасько В.М., Дикан Ж.Г.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В классическом курсе сопротивления материалов кручение рассматривается как такой вид деформации стержня, при котором в его