

РАЗРАБОТКА КОРРЕКТНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ РАЗРУШЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЯХ

Белявин К.Е., Щукин В.Я., Кожевникова Г.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Существующие критерии пластического разрушения материала подразделяется на энергетические, эмпирические и деформационные [1]. Энергетические критерии построены на предположении, что разрушение наступает после совершения для конкретного материала определенной работы. Недостаток энергетических критериев при оценке разрушения пластических материалов, к которым относится наш объект исследования (конструкционные машиностроительные стали) заключается в следующем: произведение главного растягивающего напряжения σ_1 или среднего напряжения σ/K на накопленные деформации не является по законам физики энергией, используемой на разрушение металла.

Таким образом, известные энергетические критерии разрушения пластических материалов не могут корректно описывать процесс разрушения по следующим причинам:

1. Они не корректны с точки зрения законов физики, так как не оценивают энергию, затрачиваемую на разрушение материала.

2. Критерии не работают в диапазоне, когда напряжения σ , σ_1 , σ/K приближается к нулю. В этом случае накопление деформации должны стремиться к бесконечности, что не соответствует действительности.

3. Ошибки расчетов по критериям могут превышать 200 %.

Эмпирические критерии разрушения строятся на базе экспериментального исследования зависимости разрушения от ряда факторов, влияющих на разрушение материала. В литературе приводятся различные эмпирические критерии разрушения при пластических деформациях, но при этом не оцениваются граничные условия их применимости.

Феноменологический деформационный критерий разрушения построен на положении, что разрушение металла происходит после того как накопленная в конкретном металле деформация достигнет предельной (критической) величины $\Lambda_{пр}$. В свою очередь эта предельная величина $\Lambda_{пр}$ зависит от многих параметров деформации. Феноменологические теории описывают наблюдаемые свойства объектов и не рассматривают внутренние механизмы их реализации. Феноменологический подход к явлению пластического разрушения металлов – это и не фундаментальная теория и не эксперимент, хотя он создается с участием эксперимента, и результаты не могут быть описаны научными теориями.

Существующие на нынешний момент, так называемые энергетические, теории таковыми не являются в связи с тем, что работа деформации в них представляется как произведение компонентов тензора напряжений на инвариант тензора деформации. По законам физики это не работа деформации, а некоторая эмпирическая величина. Согласно законам физики работа деформации – это один из инвариантов произведения тензора напряжений на тензор деформаций, так как напряжение и деформации это тензорные величины, а не их отдельные компоненты. Работа – это скалярная величина, поэтому ею могут быть не произведение тензоров, которая также является тензором, а может быть только его инвариант, так как инвариант – это скалярная величина.

В созданной нами энергетической теории [2] принято, что разрушение в металле наступает тогда, когда локальная работа деформации в материальной точке материала при движении вдоль линии тока достигнет предельного значения. Это предельное значение зависит от напряжённого состояния, температуры и скорости деформации, вида деформации.

Энергия внешних сил затрачивается на работу внутренних сил в очаге деформации: формоизменение формируемой заготовки; генерирование в теле заготовки тепла от её деформации; изменения фазового состояния металла с генерированием или поглощением тепла; сварка дефектов металла в виде полостей и микротрещин; уменьшение размеров зерен металла; собственно процесса разрушения металла. Необходимо из всей локальной работы деформации исключить ее части, направленные на формоизменение, генерирование тепла, уменьшение размеров зерен и создание их новых границ. Для применения критерия разрушения необходимо количественно определить составляющие локальной работы деформации, не участвующие в процессе разрушения.

При расчёте работы формоизменения применено решение Хилла, согласно которому минимальная работа формоизменения металла наблюдается при растяжении цилиндрического образца без образования шейки. Разница между полной локальной работой деформации и её частей для формоизменения, генерации тепла, измельчения зерен и будет локальная работа деформации по разрушению металла.

1. Кожевникова, Г.В. Пластические свойства металлов и сплавов: феноменологическая деформационная теория разрушения при пластическом течении / Г.В. Кожевникова, В.Я. Щукин. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 277 с.

2. Разработка методов прогнозирования эксплуатационных свойств деталей машин из конструкционных сталей, изготовленных с применением процессов обработки давлением: Отчет о НИР (промеж.) / Белорусский национальный технический университет; Рук. К.Е. Белявин. – № ГР 20212543. – Минск, 2021. – 39 с.