

МАСШТАБНЫЙ ЭФФЕКТ ЛОКАЛЬНОЙ ТЕКУЧЕСТИ СТАЛИ В НЕОДНОРОДНОМ ПОЛЕ НАПРЯЖЕНИЙ

Сукьяв С. В.

Институт горного дела Севера СО РАН, Якутск, Россия
suknyov@igds.vsn.ru

Рассматривается возникновение локальной текучести в элементах металлоконструкций с концентраторами напряжений. Особенности пластического деформирования металлов проявляются в том, что при неоднородном напряжённом состоянии деформирование иногда протекает без образования остаточных деформаций до напряжений, значительно превышающих предел текучести при однородном напряжённом состоянии, т.е. градиент напряжений как бы способствует повышению сопротивления материала. Этот эффект был описан ещё в работах М. А. Воропаева, С. П. Тимошенко, Н. Н. Давиденкова. Его физическое объяснение связывают со свойством стали и некоторых металлов (в особенности, имеющих резко выраженную площадку текучести) пластически деформироваться путём образования слоёв скольжения конечной протяжённости. Чем быстрее убывает напряжение с удалением от наиболее напряжённой точки, тем больше затрудняется пластическая деформация; это обстоятельство должно иметь своим следствием известное повышение предела текучести. Для описания масштабного эффекта локальной текучести предложено использовать подход, применённый ранее для оценки хрупкой прочности материалов. Он основан на объединении подходов классической механики и механики разрушения. Получено выражение для локального предела текучести σ_0^* материала в зоне концентрации напряжений:

$$\sigma_0^* = \sigma_0 \left(1 + \sqrt{\frac{l_c}{l}} (K_t - 1) \right), \quad l > l_c,$$

где σ_0 – предел текучести материала в однородном поле напряжений; K_t – коэффициент концентрации напряжений; l – размер концентратора напряжений. Параметр l_c имеет простой физический смысл и представляет собой критический размер дефекта данной формы. Если конструктивный элемент содержит концентратор напряжений (дефект) размером $l \leq l_c$, то присутствие такого дефекта не сказывается на характере пластического деформирования рассматриваемого элемента; он деформируется как гладкий образец в однородном поле напряжений. Это согласуется с современными представлениями о реальном твёрдом теле, обладающем изначальной присущей ему дефектностью. По этой причине малые дефекты, в том числе искусственные, сопоставимые по размеру с начальными дефектами структуры материала, не оказывают влияния на его прочность пока не достигнут определенного, критического размера.

Результаты расчётов хорошо описывают известные экспериментальные данные о локальном пластическом течении конструктивных элементов, изготовленных из низкоуглеродистой стали, содержащих отверстия и вырезы различной формы и подверженных одноосному растяжению.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 03-01-96065).