

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕОРИЙ ПРОЧНОСТИ

Ромашов Р.В.

Оренбургский государственный университет

Оренбург, Россия

Основной задачей любой теории прочности является установление таких критериев, при помощи которых можно предсказать наступление предельного механического состояния, при котором материал теряет свои служебные качества: в одних случаях имеется в виду только появление текучести (остаточных деформаций), в других – полное разрушение.

Развитие теорий прочности идет по двум направлениям: одно из них возглавляется механиками, в другом объединены усилия физиков и металлургов. По признаку физического толкования все предложенные теории прочности можно разделить на две группы:

1. Теории напряжений, принимающие за критерий прочности величину наибольшего напряжения (нормального, приведенного, касательного или октаэдрического), предельное значение которой принимается постоянным. Однако, как показывают опыты, на механическое состояние материала под нагрузкой оказывают существенное влияние и напряжения (как нормальные, так и касательные), и деформации, а также соотношения между ними. Тем не менее, теории напряжений находят широкое применение в расчетах на прочность.

2. Энергетические теории, принимающие за критерий прочности величину полной удельной потенциальной энергии деформации или же ее части, предельное значение которой принимается либо постоянным, либо переменным, зависящим от среднего нормального напряжения (гидростатического давления). Однако, в работах авторов этих теорий замечается стремление свести энергетические условия к условиям для напряжений или чисто геометрической интерпретации теории прочности (Миролюбов И.Н., Баландин П.П., Янг Ю.И. и др.).

Особое внимание энергетические теории уделяют процессам усталостного разрушения от действия циклических, повторно-переменных нагрузок. Изучением неупругих циклических деформаций и связанных с ними необратимых затрат энергии занимались Коффин, Мартин, Мэнсон, В.Т. Трошенко, С.В. Серенсен и др.

Анализ экспериментальных данных показывает, что в качестве критериев разрушения не могут быть приняты суммарные значения необратимо затраченной энергии циклических деформаций: для всех исследованных материалов эти величины изменяются в широких пределах в зависимости от условий эксперимента. Это также относится и к суммарным значениям работы пластической деформации и энергии упрочнения. Лучшее соответствие опытным данным может быть получено при использовании критерия Трошенко, учитывающего «опасную» часть энергии циклических деформаций, однако указанный критерий не является физически обоснованным.

Большое количество работ было посвящено исследованию связи пластической деформации и разрушения кристаллических тел с их плавлением: работы Ламберта, Фюрта, Борна, И.А. Одингга, Н.Ф. Лашко, К.А. Осипова, В.С. Ивановой и др. Так, В.С. Ивановой предложена структурно-энергетическая теория разрушения металлов, в которой предпринята попытка учесть как структурные изменения в деформируемых объемах материала, так и энергетическое подобие между процессами плавления и механического разрушения. Тем не менее, до сих пор остается нерешенным вопрос о том, какая из термодинамических характеристик вещества должна быть принята в качестве критерия разрушения.

В настоящей работе получила развитие термодинамическая теория прочности, базирующаяся на синтезе молекулярно-кинетического и энергетического подходов к проблеме прочности и разрушения, основы которой были заложены проф. В.В. Федоровым. Следует отметить, что термодинамические методы при изучении процессов деформации и повреждаемости материалов применялись и ранее.

Термодинамический подход необходим при исследовании весьма обширного класса задач даже в тех случаях, когда тепловые эффекты незначительны. Потребность в термодинамике возникает вместе с введением понятий работы, внутренней энергии и др., а также при наличии необратимых процессов. Термодинамика деформаций лежит, например, в основе энтропийного критерия длительной прочности, согласно которому разрушение элементарного объема материала происходит в тот момент времени, к которому в нем накопится некоторое предельное значение плотности энтропии: работы Борна, А.И. Чудновского, И.И. Гольденבלата, В.Л. Бажанова и др.

Однако, в инженерной практике традиционно сложилось, что принципы классической термодинамики в основном применяются в механике жидкостей и газов. В связи с этим предлагаемый нами подход к проблеме прочности и разрушения назван эргодинамическим (от греч. *ergon* – работа, энергия), что более оправдано и точнее отражает сущность развиваемого научного направления.

Согласно эргодинамическому подходу за критерий разрушения принимается критическая (предельная) величина плотности внутренней энергии, соответствующая моменту разрушения, что в свое время автором данной работы было экспериментально подтверждено. При этом оказалось, что критические значения внутренней энергии для сталей в отожженном состоянии близки к энтальпии материала в твердом состоянии при температуре плавления. Это подтверждает вышеназванную идею о структурно-энергетической аналогии процессов механического разрушения и плавления металлов и сплавов. Дальнейшее развитие эргодинамический подход получил также в трудах В.Г. Байло, А.М. Щипачева, Г.А. Кулакова и др.

Результаты исследований послужили основой для оценки и прогнозирования сопротивления усталости, расчетов усталостной долговечности и анализа причин разрушения высоконагруженных деталей грузовых автомобилей и шасси самолетов с учетом состояния поверхностных слоев опасных сечений деталей после различных видов технологической обработки и условий эксплуатации.