

Влияние Температурно-Силовых Условий Нагружения И Характера Термической Обработки На Механические Свойства Материалов

Студент Х.Хакимов

(Наманганский инженерно-строительный институт, строительный факультет)

(тел.934900090, e-mail:xumoyunhakimov123@gmail.uz)

АБСТРАКТ

произведен анализ обширных литературных данных о влиянии температурно-силовых условий и вида напряженного состояния на механические свойства анизотропных материалов. Обоснована применимость некоторых критериев прочности к трансверсально изотропным материалам.

ARTICLE INFO

Received: 27th April 2024

Accepted: 25th May 2024

KEY WORDS:

напряженное состояние, деформация, режим термообработки, прочность, температурно-силовые условия, геометрическая интерпретация

Abstract: an analysis of extensive literature data on the influence of temperature-force conditions and the type of stress state on the mechanical properties of anisotropic materials was carried out. The applicability of some strength criteria to transversely isotropic materials is substantiated.

Аннотация: анизотроп материалларнинг механик хоссаларига ҳарорат-юкланганлик шароитларининг ва кучланганлик ҳолатини таъсирини ўрганишга доир кенг қўламли илмий адабиётлар маълумотлари таҳлил этилди. Айрим мустаҳкамлик назарияларининг трансверсал анизотроп материаллар учун қўллаш мумкинлиги асосланди.

Key words: stress state, deformation, heat treatment mode, strength, temperature and force conditions, geometric interpretation

Калит сўзлар: кучланганлик ҳолати, деформация, термик ишлов бериш тартиби, мустаҳкамлик, ҳарорат-кучланганлик шароити, геометрик тавсифи

Совершенствование изделий современной техники, работающих в экстремальных температурно-силовых условиях, вызывают необходимость, с одной стороны, в совершенствовании расчетных схем и оптимизации моделей механического поведения материала, а с другой стороны - инициирует поиски наиболее рациональных режимов термообработки, обеспечивающих наиболее благоприятную с точки зрения механических свойств структуру материала. Расчетчик должен учитывать реальные свойства материала и его поведение от изменения температуры, а также вид напряженного состояния элемента конструкции, не зависящие от него и являющиеся, в основном, внешними объективными факторами. Что же касается термообработки, то она является достаточно эффективным и легко доступным средством для получения наиболее оптимальных с точки зрения условий эксплуатации механических свойств материала.

Учет влияния вида напряженного состояния на механические характеристики материала неразрывно связан с геометрической интерпретацией напряженного состояния в том или ином пространстве напряжений (в основном - в пространстве главных напряжений), ограничивающих в таких пространствах области безопасных с точки зрения текучести или прочности напряжений.

Методы механики твердого деформируемого тела позволяют установить условия предельного состояния при произвольном напряженном состоянии, что сводится к определению функции компонент тензора напряжений в виде [1]:

$$f(\sigma_{ij}, m_i) = K, \quad (1)$$

где константы материала m_i определяются по результатам простых испытаний материалов.

В трехмерном пространстве главных напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ уравнение (1) описывает некоторую поверхность, которая ограничивает множество безопасных напряженных состояний.

Из большинства теорий прочности можно выделить, в первую очередь, классические – теорию максимальных нормальных напряжений, теорию максимальных линейных деформаций, теорию максимальных касательных напряжений, энергетическую теорию формоизменения Мизеса и некоторые современные теории, получившие достаточно широкое экспериментальное обоснование. В частности, критерий Писаренко-Лебедева

$$x\sigma_i + (1 - x)\sigma_i = \sigma_p, \quad (2)$$

Роль касательных напряжений выполняет интенсивность напряжений, а параметр $x = \sigma_p / \sigma_c$ характеризует степень ответственности за микро разрушения сдвиговой деформации, создающей благоприятные условия для разрыхления материала и образования трещин. Уравнение (2) в положительном квадранте плоскости главных напряжений интерпретируется кривой, лежащей между эллипсом Мизеса и прямой, соответствующей теории максимальных нормальных напряжений (рис.1,б).

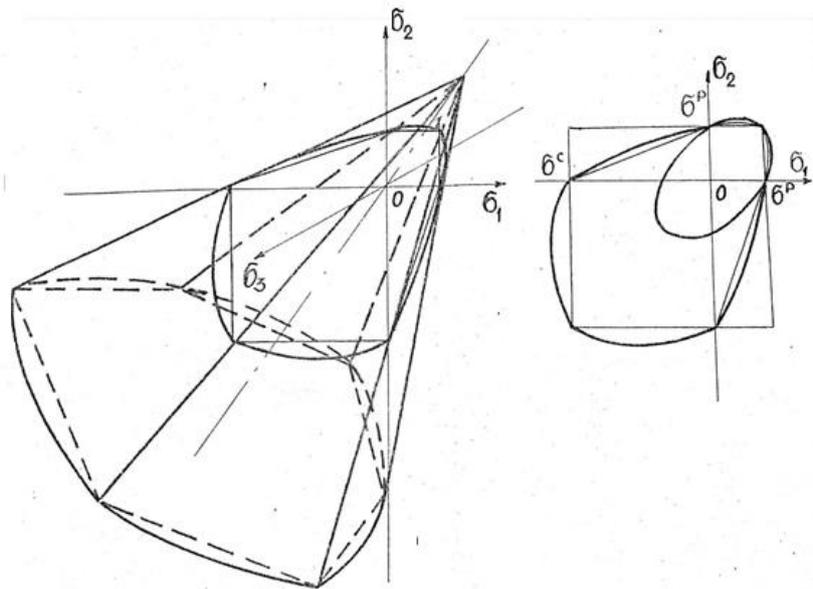


Рис 1.

Данный критерий обобщен для структурно-неоднородных материалов и предложен в следующем виде [1,2]:

$$x\sigma_i + (1 - x)\sigma_i A^{1 - \frac{3\sigma_0}{x\sigma_i + (1-x)\sigma_i}} = \sigma_p, \quad (3)$$

где A – параметр структуры материала.

Условия (2) и (3) получили хорошее экспериментальное подтверждение для хрупких материалов различных классов [3,4,5].

Условие текучести для трансверсально-изотропных материалов, у которых $\sigma_{2s} = \sigma_{3s}$ в работе [6] предложено в виде

$$\frac{\eta}{\sigma_{1s}} \sqrt{\sigma_1^2 + \kappa^2(\sigma_2^2 + \sigma_3^2) - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_1\sigma_3 - (2\kappa^2 - 1)\sigma_2\sigma_3} + (1 - \eta) \frac{|\sigma_m - \sigma_n|}{\sigma_{ms}} = 1,$$

где $\kappa = \sigma_{1s} / \sigma_{2s}$

В случае плоского напряженного состояния ($\sigma_1 = 0$), когда главные напряжения σ_2 и σ_3 расположены в плоскости изотропии, это условие принимает вид

$$\frac{\eta}{\sigma_{1s}} \sqrt{\kappa^2(\sigma_2^2 + \sigma_3^2) - (2\kappa^2 - 1)\sigma_2\sigma_3} + (1 - \eta) \frac{|\sigma_m - \sigma_n|}{\sigma_{ms}} = 1,$$

Результаты испытаний трубчатых образцов показали, что у большинства исследованных материалов пределы текучести в осевом и тангенциальном направлении практически одинаковы $\sigma_{2s} = \sigma_{3s}$. Предел текучести в радиальном направлении σ_{1s} можно рассчитать по последнему уравнению с использованием результатов испытаний при равномерном двухосном растяжении.

Необходимость применения повышенных и высоких температур при эксплуатации многих ответственных изделий, ставит перед исследователями задачу всестороннего изучения механических свойств, соответствующих конструкционных материалов в требуемых температурных диапазонах.

В связи с существенными методическими трудностями проведения экспериментов при повышенных и особенно при высоких температурах абсолютное большинство исследований проведено в условиях одноосного нагружения. Данные, полученные при таких испытаниях, безусловно представляют большую практическую ценность. Однако для оптимального расчета ряда важных конструкций необходима информация, которую могут дать лишь высокотемпературные исследования свойств материалов в условиях сложного напряженного состояния. Такие исследования позволяют, в частности, установить критерии предельного перехода и закономерности упрочнения материала, определить применимость тех или иных основополагающих гипотез и постулатов теории пластичности при повышенных температурах, изучить предельную деформативность материала в функции вида напряженного состояния и др.

Для упрочнения титана и его сплавов наряду с легированием применяется термическая и термомеханическая обработки, в результате которых происходят полиморфные превращения, приводящие к изменению свойств и деформационному упрочнению материалов. Исследования природы фазовых превращений при термических и термомеханических обработках показали [6,7], что скорость перехода от одной кристаллографической модификации в другую чрезвычайно мала и эффект упрочнения под влиянием термомеханической обработки связан с резким измельчением структуры при быстром охлаждении от температуры деформирования, и с более полным распадом – фазы в процессе последующего старения.

При термомеханической обработке в результате совмещения пластической деформации с фазовыми превращениями повышается пластичность (при сохранении значительной прочности) высокопрочных титановых сплавов, а после обычной термической обработки таких сплавов пластичность снижается [8].

Анализ многочисленных результатов экспериментальных исследований показывает, что упрочняющая термическая обработка (закалка и старение) позволяет повысить прочность двухфазных сплавов, а пластические свойства зависят от исходной структуры. Так, например, равноосная ($\alpha + \beta$) – структура обеспечивает высокую пластичность, грибоугольчатая – низкую. Однофазные α – сплавы почти не чувствительны к упрочняющей термической обработке.

Литература

1. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. - Киев: Наук.думка, 1976, с.415
2. Лебедев А.А. Расчеты на прочность при сложном напряженном состоянии. - Киев, 1968, с.66
3. Лебедев А.А., Ковальчук Б.И., Гигиняк Ф.Ф., Ломашевский В.П. Механические свойства конструкционных материалов при сложном напряженном состоянии. - Спр.-Киев: Наук.думка, 1983, с.365
4. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Соппротивление материалов и разрушение при сложном напряженном состоянии. Киев: Наук.думка, 1969, с.212

5. Ковальчук Б.И., Косарчук В.В., Кульчицкий Н.М., Хакимов А.Ф. Влияние вида напряженного состояния и температуры на деформирование и прочность алюминиевых и титановых сплавов.- Тез.докл.ХХI Научное совещание по проблемам прочности двигателей.-М., 1986, с.101-103
6. Бернштейн М.Л. Термомеханическая обработка металлов и сплавов.-М.Металлургия-1968,т.2-1171с.
7. Бернштейн М.Л. и др. Старение пластически деформированных сплавов-Металловедение и термическая обработка металлов, 19643-№5-с.40-44
8. Хакимов А.Ф., Даминов Ж.А. Трансверсал изотроп материалларни оқувчанлик шарти тўғрисида.- Механика муаммолари, Ўзбекистон журнали, 2017 йил 2-3-сон