

## СОПРОТИВЛЕНИЕ СДВИГУ ХРУПКИХ И УПРОЧНЯЮЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ

Л. М. СЕДОКОВ

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

Расчеты на прочность при сложном напряженном состоянии неизбежно связаны с выбором определенной гипотезы прочности. Имеющиеся эксперименты не дают единообразных результатов [1—4], что затрудняет выбор критерия прочности.

Обычно считают, что первую и вторую теории прочности следует применять для хрупких материалов, а третью и четвертую — для пластичных. Но такая рекомендация вытекает из некоторых опытов и не связана с теми принципами, которые заложены при выводе расчетных формул соответствующих теорий прочности. При двухосном растяжении и при двухосном сжатии, например, первая и третья теории прочности дают совершенно одинаковые результаты. Деление материалов на хрупкие и пластичные является условным, степени «хрупкости» и «пластичности» у разных материалов могут существенно отличаться. Все это приводит к неопределенности инженерных расчетов.

Используя соотношения, вытекающие из условий равенства наибольших удлинений, равенства удельных работ пластической деформации, приходящихся на единицу сдвига, и постоянства наибольшего компонента девиатора напряжений, а также дополнительные характеристики механических свойств материалов, ранее [5, 6] получили новые расчетные зависимости для определения сопротивления сдвигу —  $\tau_{сд}$ . Экспериментальная проверка этих зависимостей весьма интересна, так как различные теории прочности дают наибольшие расхождения при сдвиге.

Для хрупких материалов было получено [6]

$$\tau_{сд} = \frac{2}{2 + \nu^2} \sigma_{вр}, \quad (1)$$

где

$\sigma_{вр}$  — предел прочности материала при одноосном растяжении,

$$\nu = \sigma_{вр} : |\sigma_{сж}|, \quad (2)$$

$\sigma_{сж}$  — предел прочности материала при одноосном сжатии.

Для пластичных материалов [5]

$$\tau_{сд} = \frac{2}{3(1+m)} \sigma_{вр}, \quad (3)$$

где

$m$  — характеристика упрочнения материала, которая определяется по кривой растяжения при степенной ее аппроксимации,

$$\sigma = \sigma_0 \delta^m. \quad (4)$$

На основе (1) и (3) для идеально пластичного материала ( $\nu=1$ ;  $m=0$ )

$$\tau_{сд} = \frac{2}{3} \sigma_{вр}. \quad (5)$$

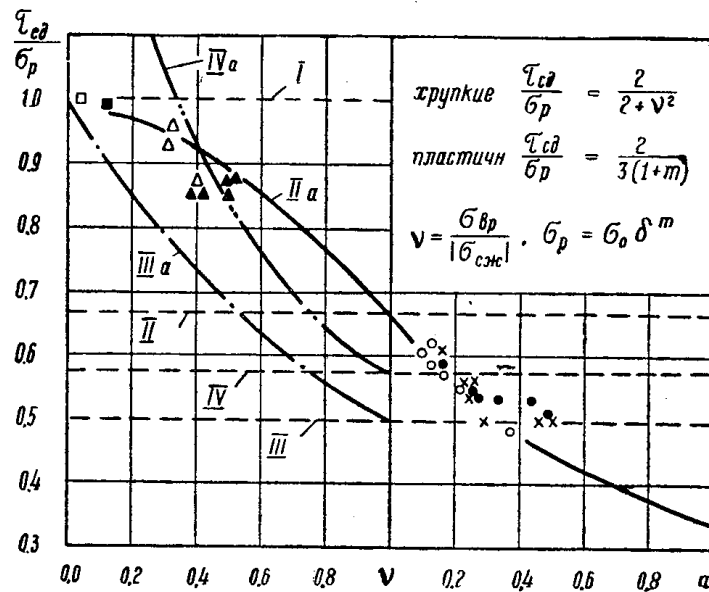


Рис. 1. Расчетное и фактическое сопротивление сдвигу. Расчет по теориям прочности: I — наибольших нормальных напряжений, II — наибольших удлинений ( $=0,5$ ), III — максимальных касательных напряжений, IV — октаэдрических напряжений (энергетической), IIa — предлагаемой, IIIa — Мора, IVa — Баландина. Результаты опытов:  $\square$  — стекло,  $\blacksquare$  — гипс,  $\triangle$  — серый чугун,  $\blacktriangle$  — закаленные стали,  $\bullet$  — стали, медь, латунь, алюминий (кручение сплошных круглых стержней),  $\circ$  — стали (резание) и  $\times$  — стали, медь, алюминиевые сплавы (кручение тонкостенных трубок)

На предполагаемом графике нанесены расчетные значения по четырем основным теориям прочности (горизонтальные пунктирные линии, так как эти теории не содержат дополнительных характеристик механических свойств материалов —  $\nu$  и  $m$ ), по теориям О. Мора — IIIa и II, Баландина — IVa.

Там же отдельными точками нанесены результаты опытов Н. Н. Давиденкова и А. Н. Ставрогина (стекло и гипс), З. М. Конюшко (закаленные инструментальные стали), Корнета и Грасси (серый чугун), Е. Девиса (сталь и медь), С. Л. Жукова, Я. Б. Фридмана (литые алюминиевые сплавы), Н. Н. Давиденкова и Н. И. Спиридоновой (железо армко) [2, 3, 7–10].

Соотношение между сопротивлением кручению сплошных круглых стержней и растяжению сталей, меди, латуни и алюминия взято усред-

ненно по соответствующим кривым течениям, полученным Г. А. Смирновым-Аляевым [11]. Рассматривая сопротивление резанию как сопротивление сдвигу, можно вычислить фактическое значение  $\tau_{сд} : \sigma_{вр}$ . Оно показано отдельными точками на графике по результатам опытов А. М. Розенберга и А. Н. Еремина [12].

Как видно из приведенного сопоставления, фактические значения  $\tau_{сд} : \sigma_{вр}$  удовлетворительно описываются уравнениями (1) и (3), т. е. кривой II *a* на всем интервале фактического изменения этого соотношения. Кривая II *a* пересекает прямые классических теорий прочности, что позволяет установить границы применения каждой из них.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. Д. Пономарев и др. Расчеты на прочность в машиностроении, т. I, гл. VI. Машгиз, 1956.
  2. Я. Б. Фридман. Механические свойства материалов. Оборонгиз, 1949.
  3. Н. Н. Давиденков, А. Н. Ставрогин. О критерии прочности при хрупком разрушении и плоском напряженном состоянии. Изв. АН СССР ОТН, № 8, 1954.
  4. С. И. Ратнер. Прочность и пластичность материалов. Оборонгиз, 1949.
  5. Л. М. Седоков. Сопротивление материалов большим пластическим деформациям. Изд. ТГУ, Томск, 1966.
  6. Л. М. Седоков. Применение теорий прочности по наибольшим удлинениям для хрупких материалов. Изв. ТПИ, т. 157.
  7. З. М. Конюшко. Исследование прочности термически обработанных инструментальных сталей. Юбилейный сборник МВТУ. «Расчеты на прочность в машиностроении», № 46. Машгиз, 1955.
  8. I. Cornet and R. C. Grassi. Fracture of Inoculated Iron Under Biaxial Stresses. Journal of Applied Mechanics. Vol. 22, № 2, 1955.
  9. Е. Девис. Рост напряжений с изменением деформаций и зависимость «напряжения — деформация» в пластической области для меди при сложном напряженном состоянии. Сб. «Теория пластичности», под ред. Ю. Н. Работнова, ИЛ., М., 1948.
  10. Е. Девис. Текучесть и разрушение стали со средним содержанием углерода при сложном напряженном состоянии. Там же.
  11. Г. А. Смирнов-Аляев. Процессы пластического растяжения и кручения в их взаимном сопоставлении. Сб. «Экспериментальные методы определения напряжений и деформаций в упругой и пластической зонах». ОНТИ НКТП, 1935.
  12. А. М. Розенберг, А. Н. Еремин. Элементы теории процесса резания металлов. Машгиз, 1956.
-