

Рис. 166. Кривые повреждаемости

циклов, остаются целыми. Это значит, что при числе циклов более 10^5 в металле возникают необратимые повреждения, делающие деталь неработоспособной при циклическом нагружении даже при напряжениях, находящихся на уровне предела выносливости. Напротив, длительность нагружения меньше 10^5 циклов является безопасной. Точку, соответствующую напряжению, равному $1,5\sigma_{-1}$ и длительности 10^5 циклов, наносит на диаграмму усталости (рис. 166, а).

Кривая Френча 1 представляет собой множество таких точек и характеризует нагружаемость предварительно перенапряженных образцов. Чем ближе кривая 1 к кривой Велера 2, тем выше способность материала сопротивляться действию перегрузок. Для некоторых прочных материалов при оптимальной термообработке кривые Френча практически совпадают с наклонными участками кривых Велера. У пластичных материалов (например, отожженных углеродистых сталей) кривые Френча являются продолжением горизонтального участка кривой Велера (штриховая линия). Это значит, что такие материалы совершенно не выносят перегрузок, детали из этих материалов следует рассчитывать по пределу выносливости даже в малоцикловой области.

Практическая нагружаемость перенапряженных образцов определяется, как всегда, порогом трещинообразования (кривая 3, рис. 166, б).

ЦИКЛИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ПРИ СЛОЖНЫХ НАПРЯЖЕННЫХ СОСТОЯНИЯХ

Вопрос о сопротивлении усталости при сложных напряженных состояниях исчерпывающе еще не изучен. Лучше других исследовано двусное напряженное состояние, при котором одновременно дей-

ствуют симметрично изменяющиеся циклические нормальные и касательные напряжения (циклическое растяжение-сжатие и кручение). Экспериментально найденные для этого случая предельные значения нормального напряжения $\sigma_{пр}$ и предельные напряжения сдвига $\tau_{пр}$ можно выразить эллиптической зависимостью

$$\left(\frac{\sigma_{пр}}{\sigma_{-1}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{пр}}{\tau_{-1}}\right)^2 = 1,$$

где σ_{-1} и τ_{-1} — соответственно пределы выносливости при чистом растяжении-сжатии и симметричном кручении.

При заданной величине $\sigma_{пр}$ допустимая величина одновременно действующего напряжения сдвига

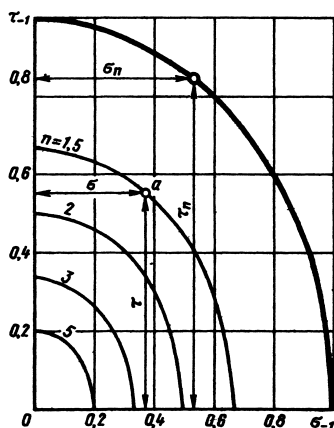
$$\tau_{пр} = \tau_{-1} \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_{пр}}{\sigma_{-1}}\right)^2}$$

и, наоборот, при заданной величине $\tau_{пр}$ допустимая величина одновременно действующего напряжения растяжения-сжатия

$$\sigma_{пр} = \sigma_{-1} \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_{пр}}{\tau_{-1}}\right)^2}.$$

Эта зависимость изображена на рис. 167 (жирная кривая). Любое сочетание напряжений τ и σ , находящееся между ограничивающей кривой $\tau_{пр} - \sigma_{пр}$ и осями координат (например, точка а), является безопасным. Коэффициент надежности для каждого сочетания можно определить, построив сеть кривых равной надежности с уменьшением значений τ_{-1} и σ_{-1} пропорционально коэффициенту надежности n (тонкие кривые).

Диаграммы на рис. 167 составлены для симметричных знакопеременных циклов

Рис. 167. Допустимые напряжения σ и τ при одновременном растяжении и кручении