

**Секція опору матеріалів та машинознавства**  
**К ВОПРОСУ О ПРЕДЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ ПРИ ИЗГИБЕ**  
*Каринцев П.Б., профессор, канд. техн. наук, Каринцева А.И., зав. лаб., СумГУ*

В вопросах прочности деталей машин и других конструкций решающую роль играют предельные (опасные) напряжения, при достижении которых их дальнейшая эксплуатация становится невозможной. Для пластичных материалов таким напряжением при статическом нагружении принято считать предел текучести, при котором происходит рост деформаций без заметного увеличения нагрузки. В тех случаях, когда явно выраженная площадка текучести отсутствует, в качестве условного предела текучести принимается напряжение, при котором остаточная деформация равна 0,2%. Для хрупких материалов, у которых отсутствует площадка текучести, опасным напряжением является временное сопротивление, имеющее разные значения при растяжении —  $\sigma_{sp}$  и сжатии  $\sigma_{sc}$ .

При изгибе ( в случае чистого изгиба) условие прочности

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leq [\sigma]_{из} = \frac{\sigma_{оп}}{n},$$

где  $[\sigma]_{из}$  — допускаемое напряжение при изгибе,  $M_{max}$  — максимальный изгибающий момент,  $W$  — момент сопротивления.

К сожалению, в большинстве учебников и справочной литературе по сопротивлению материалов опасные напряжения при изгибе —  $\sigma_{оп}$  отождествляются с опасными напряжениями при растяжении.

Однако это не так. Например, для пластичных материалов опасное напряжение при изгибе должно быть больше предела текучести при растяжении. Объясняется это неравномерностью распределения нормальных напряжений по сечению при изгибе. Так для получения в крайних волокнах при изгибе того же остаточного удлинения как при растяжении (0,2%), необходимы большие условные напряжения по сравнению с пределом текучести при растяжении. Особенно значительные расхождения опасных напряжений при изгибе и растяжении имеют место для хрупких материалов, для которых временное сопротивление при изгибе ( $\sigma_{из}$ ) может превосходить временное сопротивление при растяжении ( $\sigma_{sp}$ ) более чем в два раза.

Как известно, предельные (опасные) напряжения при растяжении экспериментально определяются из испытаний стандартных образцов на растяжение с последующим построением диаграммы напряжений  $\sigma = \sigma(\epsilon)$ . При испытании образцов на изгиб так же может быть построена диаграмма напряжений. Но в отличие от испытаний на растяжение напряжение изгиба строятся в зависимости от стрелы прогиба  $f$ .

## Секція опору матеріалів та машинознавства

В настоящей работе испытания на изгиб проводились на цилиндрических образцах, лежащих на двух опорах, которые нагружались сосредоточенной силой, расположенной посередине. Это позволило использовать диаграммный аппарат универсальной разрывной машины Р-20 для автоматической записи в координатах: нагрузка (изгибающий момент) – стрела прогиба.

Результаты испытаний для различных материалов представлялись в виде диаграмм зависимостей изгибающего момента от стрелы прогиба. Для хрупких материалов (чугун, инструментальная сталь) наблюдался срыв на диаграмме, что связано с разрушением образцов. Для пластичных материалов имели место плавные зависимости  $M = M(f)$ . И только для мягкой углеродистой стали наблюдалась площадка текучести. В этом случае предел текучести при изгибе определялся по обычной формуле  $\sigma_T = \frac{P_T \ell}{4W} = \frac{M_T}{W}$ , где  $W$  – момент сопротивления поперечного сечения цилиндрического образца.

При отсутствии площадки текучести на диаграмме предел текучести изгиба определялся условно. В этом случае необходимо задаваться таким остаточным прогибом  $f_T$ , при котором деформации внешних волокон при изгибе соответствуют (как и при растяжении) – 0,2%.

Допускаемая стрела прогиба  $f_T$ , соответствующую пределу текучести при изгибе  $\sigma_{Tu}$ , определялась следующим образом

$$f_T = \frac{P_T \ell^3}{48EI} = \sigma_T \frac{\ell^2}{6EI} = \frac{\ell^2 \varepsilon_T}{6h},$$

где  $\varepsilon_T$  – допуск (0,2%) на величину остаточной относительной деформации при растяжении внешних волокон,  $\ell$  – расстояние между опорами,  $h$  – высота образца.

Для определения предела текучести на диаграмме изгиба откладываем по оси абсцисс допускаемую стрелу прогиба и проводим прямую параллельную начальному участку кривой до пересечения с ней, определяя изгибающий момент  $M_T$ . Предел текучести определяется как  $\sigma_{Tu} = \frac{M_T}{W}$ .

Анализ полученных результатов показывает, что предельные напряжения при изгибе и растяжении не совпадают. Очевидно не совпадают и допускаемые напряжения, что должно найти отражение в условиях прочности. Особенно это важно при расчете на прочность хрупких материалов.