

УДК 621.165

¹Алексей Бояршинов, ²Татьяна Фурсова

¹Институт проблем машиностроения НАН Украины, Украина,

²Украинская инженерно-педагогическая академия, Украина

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗОНЕ ЛОПАТКИ ТУРБИНЫ С ОТВЕРСТИЕМ ПОД БАНДАЖНУЮ СВЯЗЬ

Alex Boyarshinov, Tatyana Fursova

DISTRIBUTION OF STRESSES IN THE BLADES OF THE TURBINE WITH THE HOLES FOR RETAINING COMMUNICATION

Поскольку в процессе работы лопатка кроме центробежных сил нагружена изгибающими усилиями от действия парового потока, задача напряженного состояния решалась путем исследования пластины с отверстием, нагруженной изгибающими моментами.

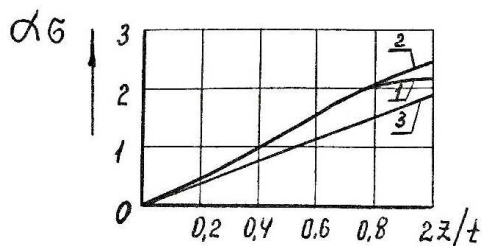
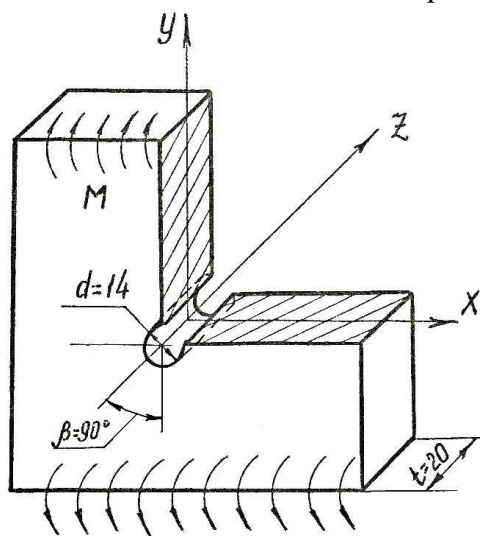


Рис. 1. Расчетные и экспериментальные данные о α_σ в толстой изгибаемой пластине с отверстием, перпендикулярным ее поверхности:

1, 3 – данные по Космодамианскому и Кирхгофу; 2 – эксперимент

Эпюры напряжений вдоль образующих отверстия AA' и BB' представлены на рис. 2, аналогично случаю растяжения пластины [2].

Исследования проводились методом фотоупругости с «замораживанием» деформаций на моделях из оптически чувствительного материала ЭД-20М с соблюдением геометрического и силового подобия. Цель исследования заключалась в изучении поля напряжений в зоне бандажных отверстий при воздействии на модели изгибающих моментов с выявлением характера изменения максимальных значений коэффициентов концентрации напряжений α_σ по толщине пластины. Рассматривались случаи с различными углами наклона оси отверстия к поверхности пластины при наличии скругления кромки отверстия и без него. Изгибающие моменты прикладывались с обоих концов пластины и обеспечивалось их действие в плоскости YOZ. Тестовый эксперимент на пластине с $\beta = 90^\circ$ и $\rho = 0$ показал удовлетворительное совпадение полученных результатов с известным решением [1], рис. 1.

Исследования проводили на пластинах с отношением толщины образца к диаметру отверстия $H = t/d = 1,42$. Углы наклона оси отверстия к поверхности пластины β принимали равными 35, 45 и 90°. Радиусы закругления краев отверстия ρ на поверхности пластины в каждой серии экспериментов составили 0; 1,5; 3,0; 4,5 мм.

Было установлено, что максимальных значений напряжения достигают на кромках отверстия без скругления в точках, принадлежащих плоскостям, параллельным плоскости XOZ.

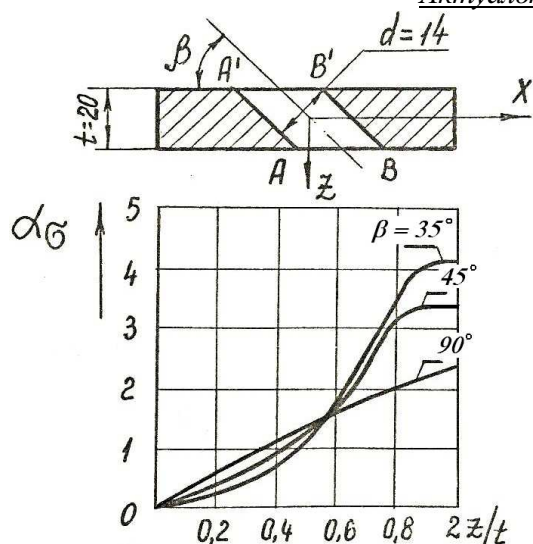


Рис. 2. Изменение α_σ вдоль образующей отверстия в зависимости от угла его наклона при изгибе пластины

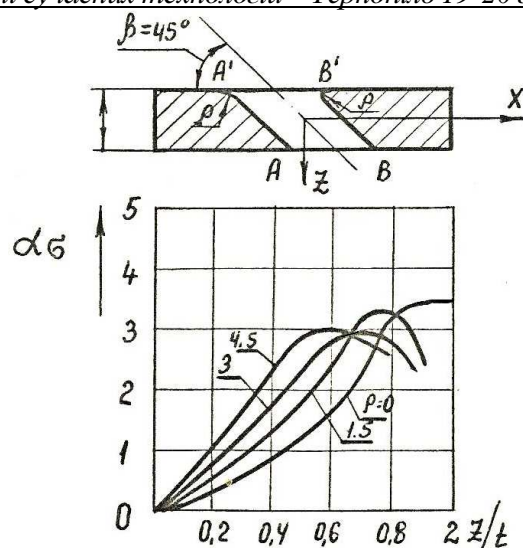


Рис. 3. Изменение α_σ в пластине с отверстием при $\beta = 45^\circ$ и различных радиусах закругления кромки отверстия

В области, где замечено влияние отверстия, напряжения распределены неравномерно (значительно возрастают в окрестностях некоторых точек). Характер неравномерности и значения α_σ зависят от угла наклона отверстия β , от величины радиуса скругления краев отверстия ρ на поверхности пластины. На остроугольном скосе края отверстия (точки А и В') значение α_σ существенно выше, чем на тупоугольном (точки А' и В).

В случае отсутствия скругления краев отверстия экстремальные значения α_σ наблюдаются на контуре пластины (рис. 2).

Влияние радиусов закругления на величину коэффициента концентрации напряжений показано на рис. 3. Как видно, максимум α_σ сдвигается во внутренние области пластины на величину, примерно равную радиусу закругления. При увеличении радиуса до $\rho = 4,5$ мм выявлено незначительное смещение максимума α_σ по сравнению с $\rho = 3$ мм.

Таким образом, при исследовании пластин на изгиб выявлено, что наиболее предпочтительными величинами радиусов закругления краев бандажного отверстия на поверхности пластин являются $\rho/t \approx 0,1 \dots 0,15$, что способствует существенному снижению концентрации напряжений в поверхностных, наиболее нагруженных волокнах материала.

Литература

1. Космодамианский А. С. Изгиб толстой плиты, ослабленной полостью / А. С. Космодамианский, Т. Г. Шалдирван // Прикладная механика, 1974. - № 10. – Вып. 5. – С. 27 – 32.
2. Сухинин В. П. Концентрация напряжений в толстой пластине с косым отверстием / В. П. Сухинин, И. Б. Волькович, Э. В. Лукина и др. // Проблемы прочности, 1976. - №9. – С 59 – 61.