

НАКОПЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ В МЕТАЛЛЕ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРОВАВШИХСЯ РОТОРОВ

Пугачева Т.Н.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Объектом исследования являются цельнокованные роторы паровых турбин, эксплуатирующиеся при максимальной температуре металла до 540 °С. Значительная масса и частота вращения (3000 об/мин) определяют высокий уровень статистических напряжений, который достигает максимальных значений в ободу дисков в местах крепления лопаток и в центре ротора у поверхности осевого канала.

При пусках и остановах турбины на поверхности ротора возникают напряжения, достигающие в зонах концентрации напряжений значений предела текучести материала. При эксплуатации турбины в маневренном режиме накопление повреждений от малоциклового усталости соизмеримо с накоплением повреждений от ползучести. При исследовании элементов энергооборудования, изготовленных из низколегированных перлитных сталей, отмечается разупрочнение материала. Протекающие в металле процессы структурных и фазовых превращений приводят к уменьшению не только прочности при кратковременном разрыве, но и долговечности образцов, испытанных на длительную прочность, а также некоторых характеристик малоциклового усталости. Разупрочнение материала отмечается только в первый период эксплуатации, в дальнейшем (после 20-40 тыс ч) практически все основные свойства материала стабилизируются и сохраняются неизменными в течении последующего весьма продолжительного периода.

Накопление повреждений локализовано в тонком поверхностном слое детали. При приложении статистической или циклической нагрузки вблизи поверхности образуется пластически деформированный слой. Если приложенная нагрузка достигает предела текучести материала, то этот слой распространяется на все сечение. При протекании пластической деформации в приповерхностном слоенаряду с выходом дислокаций на поверхность металла на границе раздела пластически и упругодеформированного металла возникает избыток вакансий из-за отсутствия динамического равновесия зарождения и аннигиляции дислокаций. При повышенной температуре возможно слияние вакансий с образованием пор, концентрация которых также максимальна в подповерхностных слоях. Вблизи осевого канала ротора при достаточной пластичности материала наиболее вероятно зарождение трещин от ползучести в подповерхностном слое. В тепловых канавках следует ожидать зарождения трещин малоциклового усталости непосредственно на поверхности.

Периодическое снятие поверхностного слоя толщиной 100-200 мкм (пластически деформированный слой) позволяет практически полностью восстановить циклический ресурс ротора. Статистический ресурс ротора можно увеличить периодической проточкой поверхности, однако оптимальная глубина снимаемого слоя должна составлять уже примерно 2 мм.