

Дмитренко А.
МАЛОЦИКЛОВАЯ УСТАЛОСТЬ

При номинальной нагрузке металл ротора подвергается воздействию высокой температуры, изменяющейся по его длине от 510 – 520 °С до ~350°С в хвостовой части ротора. При пуске турбины, когда необходимо прогреть ее элементы до номинального состояния, величины термических напряжений, возникающие в различных зонах ротора, определяются градиентами температур пропорциональными скорости прогрева, продолжительность которого лимитируется временем пуска. Для повышения маневренности турбоагрегата время пуска стремятся минимизировать. Это приводит к повышению термоциклических напряжений, способных, при их достаточно высоком уровне, привести к возникновению трещин в зонах с высокой концентрацией напряжений.

Следует принимать во внимание не только более раннее возникновение пластической деформации при повторной нагрузке другого знака, но и накопление пластической деформации ползучести, активность которой сравнительно выше в начальный период работы. При циклическом разупрочнении материалов ширина петли гистерезиса с числом полуциклов увеличивается, а также увеличивается суммарная деформация.

Сопротивление разрушению при циклическом деформировании разупрочняющихся материалов существенно зависит от характера нагружения и циклически деформированных состояний этого материала. Деление материалов на циклически упрочняющиеся, стабильные и разупрочняющиеся носит несколько условный характер, так как поведение определенного материала при циклическом деформировании зависит от температуры, его исходного состояния (наклеп, термообработка) и других факторов.

При мягком (постоянная амплитуда напряжений) нагружении циклически разупрочняющихся или стабильных металлов накапливаются пластические деформации, которые могут привести к двум типам разрушения – квазистатическому и усталостному. Квазистатическое связано с возрастанием остаточных деформаций до уровня, соответствующего разрушению при однократном статическом нагружении. Разрушение усталостного характера связано с накоплением повреждений, образованием прогрессирующих трещин при существенно меньшей пластической деформации. Возможны промежуточные формы разрушения, когда образуются трещины усталости на фоне заметных пластических деформаций.

При жестком нагружении (когда напряжения от цикла к циклу могут меняться при сохранении величины амплитуды) нет накопления деформации, однако, и в этом случае возможно квазистатическое разрушение и все материалы разрушаются по усталостному типу с образованием трещин.

Ресурс высокотемпературных паровых турбин лимитируется роторами ВД и СД, которые эксплуатируются в жестких условиях. Это определяется

высокими напряжениями и температурами, поврежденностью металла по механизму ползучести и малоциклового усталости.