

Сложное напряженное состояние осуществлялось за счет совместного действия знакопеременного изгиба с кручением. Испытания проводились на сплошных цилиндрических образцах, при синфазном изгибе с кручением образца и при сдвиге фаз, равном $\pi/2$. В процессе испытаний варьировалось соотношение между амплитудными значениями нормальных и касательных напряжений.

Результаты исследований сопоставлялись по величине наибольших за цикл значений максимальных касательных напряжений, установлено существенное влияние сдвига фаз на усталостную прочность исследуемых образцов, и усталостная прочность тем ниже, чем выше среднее за цикл значение τ_{max} .

Дана методика расчетного построения кривых усталости для любого значения сдвига фаз между изгибом и кручением по результатам испытаний при синфазном нагружении. Сопоставление расчетных кривых экспериментальными данными показывает их вполне удовлетворительное согласование.

Б.А.КРАВЧЕНКО

ПОВЫШЕНИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ ЛОПАТОК ГАЗОВЫХ ТУРБИН МЕТОДОМ ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ

Для деталей, работающих в условиях высоких температур, повышение их сопротивляемости усталостному разрушению методами ППД сопряжено с рядом ограничений, вытекающих из физической природы наклепа. Последний интенсифицирует процессы окисления и испарения некоторых легирующих элементов с поверхности. Дораспад твердого раствора и придает хрупкость поверхностному слою. Эти явления связаны с относительно большой энергией, накапливаемой в пластически деформированном поверхностном слое.

Исследованиями последних лет установлено, что повышение выносливости связано с проявлением положительного эффекта сжимающих остаточных напряжений. Для деталей, подвергаемых воздействию относительно высоких температур, необходимо, чтобы эпюры остаточных напряжений имели достаточную мощность с локализацией максимума у поверхности при небольших степенях наклепа. Указанные требования выполняются при термоупрочнении - деталь нагревается до сравнительно невысоких температур с последующим режимом

охлаждением путем подачи жидкости /воды/ душевым способом при давлении $P=4-5$ ати. В силу большого коэффициента теплоотдачи, достигающего до $\alpha=200000$ ккал/м² ч.град, формируется требуемая эпюра остаточных напряжений. Так, например, для образцов из сплава ЭИ 598 нагрев до $t=750^{\circ}\text{C}$ с последующим охлаждением при $P=4,5$ ати приводит к формированию остаточных напряжений величиной $\sigma_{\text{max}}=70+80$ кг/мм² до глубины $\Delta a=100$ мкм с последующим плавным спадом / $\Delta a=600$ мкм/. Измерения обычными методами наклепа не выявили.

Усталостные испытания при $t=750^{\circ}\text{C}$ на базисе $N=5 \cdot 10^6$ циклов с асимметрией $\sigma_{\text{ср}}=15$ кг/мм² показали, что при исходном пределе выносливости равном $\sigma_{-1}=22$ кг/мм², термоупрочненные образцы показали $\sigma_{-1}=40$ кг/мм².

Испытания на ультразвуковой установке показали, что с увеличением базы относительный прирост предела выносливости увеличивается.

Исследованиями на релаксацию остаточных напряжений установлено, что после $t=60$ часов наработки / $N=50 \cdot 10^6$ / напряжения снижаются с $\sigma_{\text{ост}}=70+80$ кг/мм² до $\sigma_{\text{ост}}=40+50$ кг/мм². Устойчивость остаточных напряжений, наведенных методом "термоупрочнения" создает условия для "тренировки" детали.

Упрочненные этим способом лопасти 5-й ступени двигателя НК-12 при $t=600^{\circ}\text{C}$ и $P=4,5$ ати показали на пульсаторе предел выносливости, равный не ниже $\sigma_{-1}=34$ кг/мм² при исходном $\sigma_{-1}=26$ кг/мм² /база испытания $N=2 \cdot 10^7$, $t=20^{\circ}\text{C}$ /.

А.Е.ВИШНЯКОВ, Н.А.ДОНДУКОВ, П.А.ЗАХАРОВ, Б.И.КРАМАРОВСКИЙ,
В.В.СТЕПАНОВ

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И РЕСУРСА РАБОТЫ ИЗДЕЛИЙ ТЕНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Работоспособность и надежность деталей и узлов, подверженных воздействию нагрузок циклического характера и повышенных температур, в значительной мере определяются качеством поверхностного слоя /остаточными напряжениями, наклепом, макро- и микроструктурой, шероховатостью поверхности и др./.