

И. П. Митриев, М. Б. Сазонов, А. Ф. Шпатаковский

ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОШАРИКОВ НА ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ВЫНОСЛИВОСТЬ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА ИЗ СТАЛИ IX12H2BMФ (ЭИ961)

Большое влияние на циклическую прочность деталей, работающих при знакопеременных нагрузках, оказывают параметры, характеризующие состояние поверхностного слоя: остаточные напряжения и характер их изменения по глубине, шероховатость, наклеп.

Применение упрочняющей обработки на центробежной дробеметной установке микрошариками диаметром 0,16...0,30 мм позволяет получить упрочнение тонкого (100...200 мкм) поверхностного слоя с максимумом сжимающих остаточных напряжений непосредственно у поверхности. В то же время обработка микрошариками (ОМШ) не вызывает большого силового воздействия на деталь, что благоприятно для деталей с тонкими сечениями и острыми кромками [1].

В статье приводятся результаты исследования остаточных напряжений на образцах из сплава IX12H2BMФ (ЭИ961), вырезанных из пера рабочих лопаток компрессора I-й ступени, после обработки микрошариками и в сочетании с другими методами отделочно-упрочняющей обработки; представлены результаты усталостных испытаний лопаток.

Для определения оптимального варианта технологии финишной обработки (с точки зрения получения хорошей эпюры сжимающих остаточных напряжений у поверхности и пониженной шероховатости с благоприятным микрорельефом) были проведены различные варианты упрочнения и отделки: ОМШ в сочетании с другими методами: виброупрочнением (ВУ), виброшлифованием (ВШ), виброобработкой на установках ВУД-630А (ВУД). Эти варианты сравнивались с упрочняющей технологией, применяемой на производстве - виброупрочнением с последующим виброшлифованием.

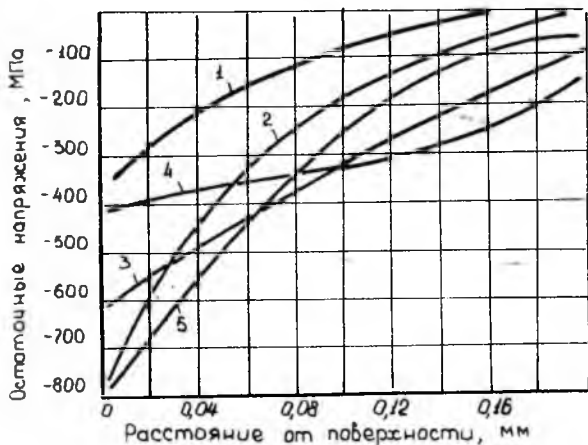
Обработка лопаток микрошариками производилась на роторно-дробеметной центробежной установке УДМ-2 на оптимальном режиме, установленном по образцам. Частота вращения ротора $n = 3000$ об/мин, время обработки $\tau = 5$ мин. Лопатки крепились в специальном приспособлении. На установке производилось одновременное упрочнение 14 лопаток.

Виброупрочнение осуществлялось на трехкоординатной виброустановке в контейнерах закрытого типа, жестко закрепленных на столе.

Рабочая смесь состояла из стальных шариков диаметром 2,5 мм и воды. Виброшлифование производилось на аналогичных установках в той же среде с добавкой пасты 58А и абразивных гранул К312.

Виброобработка на установках ВУД-630А производилась керамическими гранулами и стальными шарами диаметром 4...7 мм, с частотой колебания контейнера 23 Гц и амплитудой 5 мм.

На рис.1 представлены эпюры остаточных напряжений после раз-



Р и с. 1. Влияние различных видов обработки на остаточные напряжения в образцах из стали 1Х12Н2ВМФ: вырезанных из пера лопаток компрессора I-й ступени: 1 - серийная технология (ВУ + ВШ); 2 - ОМШ ($n = 3000$ об/мин, $T = 5$ мин); 3 - ОМШ + обработка на установках ВУД; 4 - обработка на установках ВУД; 5 - ОМШ + ВУ

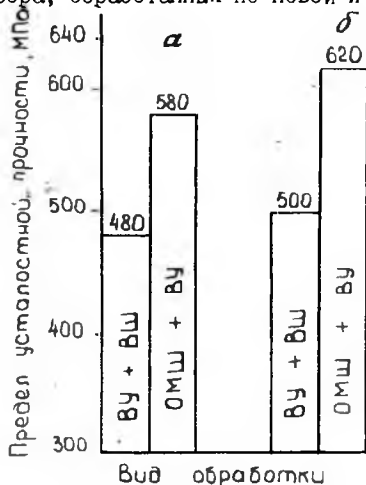
личных методов упрочняющей обработки. Как видно из рисунка, наибольшие остаточные напряжения сжатия у поверхности (до 780 МПа), позволяют получить ОМШ и ОМШ в сочетании с виброупрочнением (кривые 2 и 5). В последнем случае возрастает глубина распространения остаточных напряжений сжатия. При этом снижается шероховатость обработки с 4-го до 8-го класса по ГОСТ 2789-73, улучшается микрорельеф поверхности - скругляются по большому радиусу выступы. Применение других методов обработки - ОМШ + ВУД, ВУ + ВШ, (серийная технология) - дает максимальные напряжения сжатия, в 1,5...2 раза меньше, с параметрами шероховатости не выше девятого класса по ГОСТ 2789-73.

Поэтому за оптимальный вариант финишной технологии рабочих

лопаток компрессора I-й ступени была принята обработка микрошариками с последующим виброупрочнением.

Усталостные испытания проводились на воздушном вибраторе по высшим формам колебаний с $f \approx 2200$ Гц и по основному тону с $f = 130$ Гц.

На рис.2 представлены диаграммы пределов усталостной прочности лопаток компрессора, обработанных по новой и серийной технологии.



Р и с. 2. Влияние упрочнения микрошариками в сочетании с виброупрочнением на предел выносливости лопаток компрессора I-й ступени из стали 1Х12Н2ВМФ: а - испытания по высшей форме ($f = 2200$ Гц); б - испытания по основному тону ($f = 130$ Гц)

Как видно из рисунка, применение упрочняющей обработки микрошариками с последующим виброупрочнением повышает предел выносливости с 480 до 580 МПа при испытаниях по высшей форме колебаний и с 500 до 620 МПа - по основному тону, или на 20 и 24% соответственно.

Из вышеизложенного делаем вывод:

Обработка лопаток компрессора I-й ступени из стали ЗИ961 микрошариками в сочетании с виброупрочнением повышает предел выносливости на 20...24% по сравнению с существующей технологией (ВУ + ВШ).

Л и т е р а т у р а

1. З о л н о в В.И., Ц е й т л и н А.Н., Ц е й т л и н В.И. Упрочнение микрошариками - резерв прочности и надежности деталей ГТД. - В сб. Исследование обрабатываемости жаропрочных и титановых сплавов. Куйбышев: КуАИ, вып.3, 1976.