

А.И. Долматов, М.Н. Багмет, В.Н. Павленко,
В.И. Рядинский, Харьков, Украина

ВЛИЯНИЕ ОПЕРАЦИЙ ТРАВЛЕНИЯ НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

У статті приведено результати дослідження впливу операцій травлення на циклічну міцність титанових сплавів.

В статье приведены результаты исследования влияния операций травления на циклическую прочность титановых сплавов.

In article results of research of influence of operations of etching on cyclic durability of titanic alloys are resulted.

Введение

При изготовлении компрессорных лопаток ГТД около 40 % трудоемкости занимают финишные операции, причем многие из них (зачистка заусенцев, формирование прикомлевого участка, скругление кромок) зачастую выполняются вручную. Развитие авиационной техники выдвигает все более высокие требования к форме, точности и качеству обработанной поверхности деталей. Наблюдается тенденция к дальнейшему ужесточению допусков на толщину сечений лопаток ГТД, усложнению пространственной формы профиля пера, утонению кромок пера, повышению требований к качеству поверхностного слоя. Для формирования правильной формы входной и выходной кромок компрессорных лопаток, наряду с использованием ручного труда, применяют шлифование абразивными лепестковыми кругами, ленточное шлифование, полирование.

1. Постановка задачи и цель исследования

После операции шлифования абразивными кругами и полирования войлочным кругом рабочие лопатки компрессоров ГТД, многие из которых изготавливаются из титановых сплавов, подвергают обезжириванию, промывке в проточной воде и травлению в растворе по заводской технологии с целью выявления прижогов после ручных операций.

В настоящее время не изучен вопрос влияния операций травления на циклическую прочность титановых сплавов. Изучению этого вопроса посвящена данная статья.

2. Испытания на усталость образцов из титановых сплавов после травления

Плоские образцы, изготовленные на ОАО «Мотор Сич» по данной технологии и имеющие 3 тип структуры, были испытаны на усталость.

Для получения 3 типа структуры был применен следующий режим термомеханической обработки сплава ВТ3-1 [1]:

1. Закалка в воду от 1323 К после выдержки 0,5 ч;
2. Прокатка при 1173 К с обжатием 50 %;
3. Рекристаллизационный отжиг при 1073 К, выдержка 5 ч.

Результаты испытаний образцов после травления и удаления поврежденного слоя сидалетканевым кругом приведены на рис. 1 и в таблицах 1, 2 и 3.

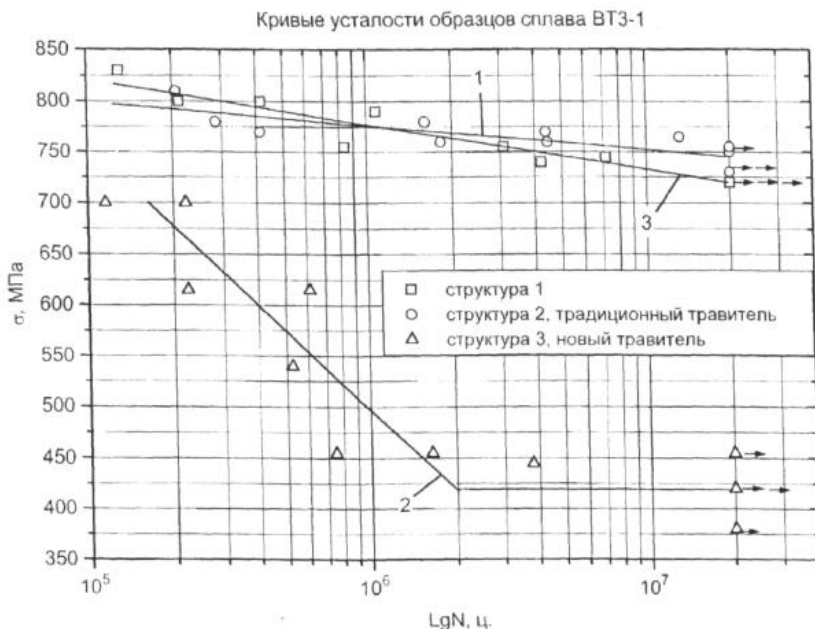


Рисунок 1 – Кривые усталости образцов из сплава ВТ3-1

На рис. 1 для сравнения приведена кривая усталости образцов той же структуры, но подвергнутых травлению состава: 3% (объемных) HF; 7% HSeO₄, 90% H₂O. Травление в этом реактиве длительностью 1,5-2 мин обеспечивает возможность наблюдения как микро-, так и макроструктуры

сплава ВТЗ-1. Особенностью этого реактива было то, что он не приводит к насыщению титановых сплавов водородом, для этого потенциал травления должен быть отрицательным (не менее - 0,7 В). При этом растворение титанового сплава будет сопровождаться выделением кислорода, а не водорода.

Таблица 1 – Результаты испытаний на усталость образцов из титанового сплава ВТЗ-1 со структурой 1 типа

№ п/п	σ_a , МПа	$N \cdot 10^{-6}$, циклов	Примечание
1	800	0,211	293 К, □→ - образец не разрушился, h = 5,0 мм. Структура 1 типа: исходный пруток (материал в состоянии поставки без термомеханической обработки)
2	830	0,130	
3	800	0,415	
4	790	1,080	
5	755	0,834	
6	755	3,081	
7	740	4,201	
8	750	7,140	
9	730	20,0	
10	730	20,0	
11	730	20,0	

Таблица 2 – Результаты испытаний на усталость образцов из титанового сплава ВТЗ-1 со структурой 3 типа после травления новым травителем

№ п/п	σ_a , МПа	$N \cdot 10^{-6}$, циклов	Примечание
1	810	0,207	293 К, o→ - образец не разрушился, h = 5,0 мм
2	780	0,285	
3	780	1,605	
4	770	0,412	
5	770	4,370	
6	760	1,820	
7	760	4,440	
8	765	13,20	
9	750	20,0	
10	750	20,0	
11	730	20,0	

Полученные результаты привлекли большое внимание. Наряду с низким сопротивлением усталости образцов, подвергнутых операции травления, образцы, не прошедшие операцию травления, имели высокий предел выносливости. Вероятно, операцией травления в образцы внесли существенный повреждающий фактор, который не удалось устранить механическим путем (удалением тонкого поверхностного слоя).

Таблица 3 – Результаты испытаний на усталость образцов из титанового сплава ВТ3-1 со структурой 3 типа после травления традиционным травителем

№ п/п	σ_a , МПа	$N \cdot 10^{-6}$, циклов	Примечание
1	700	0,115	293 К, $\Delta \rightarrow$ - образец не разрушился, $h = 5,0$ мм
2	700	0,221	
3	615	0,223	
4	615	0,611	
5	540	0,523	
6	455	0,747	
7	455	1,630	
8	455	3,780	
9	455	20,0	
10	420	20,0	
11	420	20,0	
12	380	20,0	

Наиболее вероятная причина понижения циклической прочности титанового сплава - это насыщение его водородом при травлении. А надо отметить, что процедуру травления вентиляторных лопаток повторяют многократно, что значительно снижает циклическую прочность лопаток.

Заключение. Сравнение кривых усталости, приведенных на рисунке 1, показывает, что кривые усталости образцов, не подвергавшихся травлению, и образцов, протравленных новым травителем, практически одинаковы.

В то же время образцы, подвергнутые травлению традиционным травителем, но прошедшие вакуумный отжиг, практически восстановили.

Результаты проведенных исследований говорят о необходимости применения для операций травления нового травителя, не снижающего прочностные характеристики титановых сплавов.

Список использованных источников: 1. Войтенко В.С. Влияние ультразвукового упрочнения и термомеханической обработки на прочность деталей из титановых сплавов //Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сборник научных трудов. – Харьков, НАКУ «ХАИ». – Выпуск 23(6). – 2000.– 171 с. - с. 17-27.

Поступила в редколлегию 15.05.2010