

УДК 539.3

## ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОКАТКИ НА УСТАЛОСТНЫЕ СВОЙСТВА ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT 1-0

*А.Р. Арутюнян*

Экспериментально исследовано влияние направления прокатки на механические и усталостные свойства титанового сплава VT 1-0.

*Ключевые слова:* направление прокатки; многоцикловая усталость; предел усталости; анизотропия механических и усталостных свойств.

---

## THE INFLUENCE OF ROLLING DIRECTION ON FATIGUE PROPERTIES OF TITANIUM ALLOY VT 1-0

*A.R. Arutyunyan*

The work is devoted to experimental investigation of the influence of rolling direction on the mechanical and fatigue properties of titanium alloy VT 1-0.

*Keywords:* rolling direction; high cycle fatigue; fatigue limit; anisotropy of mechanical and fatigue properties.

Технически чистый титановый сплав VT 1-0 используется для изделий с высокой прочностью при достаточной пластичности и вязкости, высоким сопротивлением малым пластическим деформациям, хрупкому и усталостному разрушению, применяемых в машиностроении, приборостроении и инструментальной промышленности, для изготовления изделий криогенной техники.

Известно, что при изготовлении полуфабрикатов возникает анизотропия пластических свойств, наведенная в процессе прокатки. Данное явление, например, описывается в работах [1–5]. В работе [4] приводятся результаты усталостных испытаний титанового сплава Ti-6Al-4V вдоль и поперек прокатки. Показано, что усталостная прочность данного сплава выше в случае поперек прокатки. В работе [5] исследуется усталостная прочность плоских образцов меди, алюминия и магниевого сплава AZ31 на изгиб в режиме отнулевого цикла. Обнаружена анизотропия предела выносливости при отнулевом цикле. Для всех материалов минимальное значение предела выносливости наблюдается в направлении  $45^\circ$  от направления прокатки, максимальное значение – поперек прокатки, а в направлении прокатки имеет промежуточное значение. Анизотропия возрастает с увеличением обжатия при прокатке.

Для экспериментального исследования влияния направления прокатки на механические и уста-

лостные свойства был выбран лист титанового сплава VT 1-0 толщиной 1,5 мм. Образцы из этого листа были вырезаны вдоль и поперек прокатки. Геометрия испытываемых образцов показана на рисунке 1 (размеры указаны в мм).

Кривые напряжение-деформация при испытаниях на растяжение титанового сплава VT 1-0 для образцов вдоль и поперек прокатки показаны на рисунке 2.

Усталостные испытания выполняли в условиях отнулевого растяжения (коэффициент асимметрии цикла равен 0) при заданной амплитуде изменения силы на базе  $5 \cdot 10^7$  циклов. Частота проведения экспериментов – 100 Гц. Общее количество испытанных образцов 135. Испытания проводили на настольной усталостной сервогидравлической испытательной машине Si-Plan SH-B.

В результате проведения экспериментов для исследуемого титанового сплава VT 1-0 построена кривая усталости (кривая Веллера) (рисунок 3) в области малоцикловой и многоцикловой усталости. Наблюдается существенное различие полуцикловых кривых усталости. Так в области малоцикловой усталости напряжения на базе  $1 \cdot 10^4$  циклов составляют, соответственно 275 и 350 МПа для образцов вдоль и поперек проката. Для напряжения 350 МПа число циклов до разрушения составляет  $6 \cdot 10^2$  для образцов вдоль проката и  $1 \cdot 10^4$  для об-

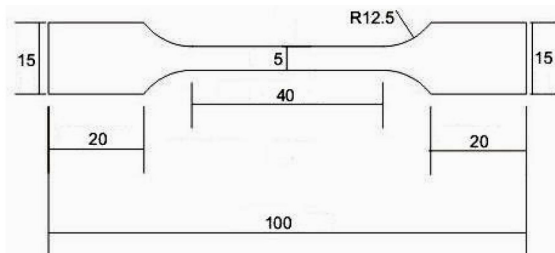


Рисунок 1 – Геометрия образцов для статических и циклических испытаний, толщина образцов – 1,5 мм

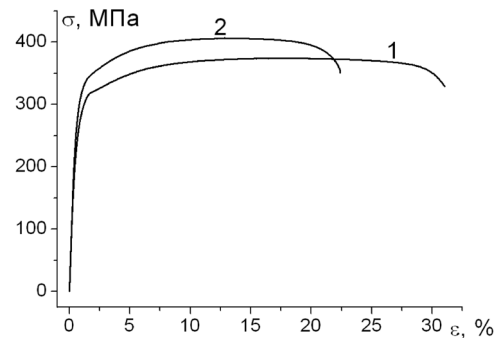


Рисунок 2 – Кривые напряжение-деформация при испытаниях на растяжение титанового сплава VT 1-0: 1 – образцы вдоль прокатки, 2 – образцы поперек прокатки

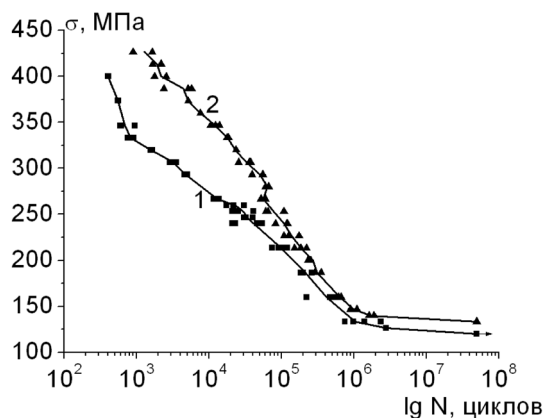


Рисунок 3 – Кривые усталости титанового сплава VT 1-0: 1 – образцы вдоль проката, 2 – образцы поперек проката

разцов поперек проката, т. е. разница в циклической долговечности составляет более 15 раз.

В многоциклового области кривые существенно сближаются. Так предел выносливости на базе  $5 \cdot 10^7$  циклов для образцов вдоль проката составляет 120 МПа, а для образцов поперек проката – 133 МПа.

### Литература

1. Горынин И.В. Титан в машиностроении / И.В. Горынин, Б.Б. Чечулин. М.: Машиностроение. 1990. 400 с.
2. Ильин А.А. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства / А.А. Ильин, Б.А. Колачев, И.С. Польшкин. М.: ВИЛС-МАТИ, 2009. 520 с.
3. Бураго Н.Г. Долговечность дисков переменной толщины с учетом анизотропии усталостных свойств / Н.Г. Бураго, И.С. Никитин, П.А. Юшковский // Изв. РАН. МТТ. 2015. № 5. С. 78-93.
4. Sommer A. Развитие текстуры в  $\alpha+\beta$ -титановых сплавах. Титан. Металловедение и технология / А. Sommer, М. Кригер, С. Фудзисиро, Д. Айлон // Труды 3-й междунар. конф. по титану. М.: ВИЛС, 1978. Т. 3. С. 87-96.
5. Усов В.В. Об анизотропии характеристик усталостного разрушения металлов и сплавов с ГЦК и ГПУ структурой / В.В. Усов, Н.М. Шкагуляк, А.Н. Титенков, В.М. Комар // Труды V рос. научно-техн. конф. "Механика микронероводных материалов и разрушение", Екатеринбург, 2008. 24-28 марта.