

Б.А.Кравченко, Ф.К.Семагин, М.С.Нерубай,  
М.К.Александров

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО УПРОЧНЕНИЯ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Перспективным направлением в повышении циклической прочности титановых сплавов является поверхностное пластическое деформирование инструментом (шариком), колеблющимся с ультразвуковой частотой. Вместе с тем большинство опубликованных работ посвящено главным образом упрочнению конструкционных сталей и чугунов.

В настоящей работе представлены некоторые результаты исследования влияния ультразвукового упрочнения на усталостную прочность титанового сплава BT9.

Механические свойства исследуемых образцов определялись на разрывной машине ИМ-12А и были следующими:  $\sigma_{0,2} = 102 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $\sigma_b = 109 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $S_k = 160 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $\delta = 18\%$ ,  $\psi = 52\%$ .

Образцы, предназначенные для усталостных испытаний, общей длиной 226 мм, с длиной рабочей части 40 мм и диаметром 10 мм, после токарной обработки шлифовались. Испытывались три серии образцов: 1 - шлифованные; 2 - с ультразвуковым упрочнением с  $P_{ст} = 5 \text{ кгс}$ ; 3 - то же, с  $P_{ст} = 15 \text{ кгс}$ . Остальные параметры ультразвукового упрочнения имели следующие значения:  $V_U = 25 \text{ м/мин}$ ,  $S = 0,07 \text{ мм/об}$ ,  $A = 15 \text{ мкм}$ ,  $d_{ш} = 5 \text{ мм}$ .

Испытания проводились в условиях чистого изгиба при вращении с частотой 3000 об/мин на машине типа НУ. База испытаний -  $20 \cdot 10^6$  циклов. Результаты испытаний приведены на рис. 1.

Из представленных данных видно, что в зависимости от режима упрочнения предел усталости возрастает с  $46 \text{ кгс/мм}^2$  до  $60-68,5 \text{ кгс/мм}^2$ , т.е. на 30-48%. Это связано, главным образом с возникновением в поверхностном слое остаточных сжимающих напряжений, достигающих значений  $\sigma_{\tau} = 40 - 45 \text{ кгс/мм}^2$  при степени наклепа 15-20%. Этому же способствует снижение шероховатости обработанной поверхности на 2-4 класса по сравнению с исходной.

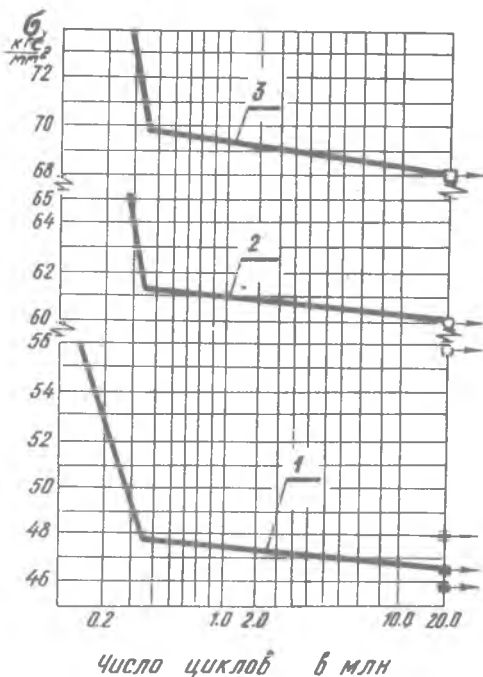


Рис.1. Результаты усталостных испытаний. Вид обработки:

1 - шлифование; 2 - ультразвуковое упрочнение с  $P_{ст} = 5$  кгс; 3 - ультразвуковое упрочнение с  $P_{ст} = 15$  кгс

резервом повышения долговечности деталей машин из титановых сплавов. Преимуществом ультразвукового упрочнения перед другими методами упрочняющей технологии являются низкие статические усилия, не превышающие 10-15 кгс. Поэтому указанный метод является особенно эффективным при упрочнении маломестных, длинномерных изделий.

Фрактографические исследования показали, что в упрочненных образцах зона зарождения трещины находится на некотором расстоянии от поверхности в отличие от неупрочненных, где зарождение трещины начинается с поверхности. Изломы образцов при этом имеют три характерные зоны: зону зарождения трещины, зону постепенного развития трещины и зону окончательного разрушения. Изучение фактографии показало, что начало разрушения упрочненных образцов носит более вязкий и пластичный характер, чем шлифованных. Характер разрушения в остальных зонах примерно одинаков.

Таким образом, возможность повышения усталостной прочности при ультразвуковом упрочнении может явиться важным резервом