

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ УПРОЧНЕНИЯ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ЛОПАТОК ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

А.А. Ширяев, А.С. Миленин, Д.Ф. Таиров

¹АО «ОДК-Авиадвигатель», г. Пермь, shiryaev-aal@avid.ru

Ключевые слова: лазер, лазерный удар, упрочнение, шероховатость, остаточные напряжения, усталость, малопластичное выглаживание, титановые сплавы, усталость, гидродробеструйная обработка.

Элементами конструкции авиадвигателей, в значительной мере определяющими их эксплуатационные характеристики, являются рабочие лопатки и роторные детали.

Лопатки в процессе эксплуатации подвержены циклическим (МЦУ и МнЦУ), термическим и статическим (центробежным и газодинамическим) нагрузкам, а также повреждениям от попаданий посторонних предметов (лёд, песок, птицы, мусор на ВПП и пр.), которые могут привести к преждевременным съемам двигателя.

Для увеличения ресурса и стойкости к повреждениям кромок на рабочих лопатках существует необходимость в повышении предела выносливости с помощью различных методов упрочняющей обработки: лазерного ударного упрочнения (LSP и LSPwC), малопластичного выглаживания и гидродробеструйной обработки [1-2].

На данный момент в авиадвигателестроительной отрасли наиболее широко применяется гидродробеструйное упрочнение. Такой метод создает благоприятную эпюру остаточных напряжений на поверхности пера лопатки и позволяет на 30÷50 % увеличить предел выносливости. Однако, глубина сжимающих остаточных напряжений при данном методе упрочнения составляет до 0,3 мм, что недостаточно для обеспечения требуемого уровня усталостной прочности лопаток при повреждении кромок типа «забоина» от попадания посторонних предметов на глубину до 1 мм.

Для повышения стойкости лопаток к попаданию посторонних предметов рассмотрены 2 перспективных метода упрочнения: лазерный удар и малопластичное выглаживание.

Для оценки эффективности каждого метода выбран объект - титановая лопатка 1 каскада компрессора газотурбинного двигателя. Упрочнению подвергались кромки лопаток, ширина зоны упрочнения составила до 5 мм.

Упрочнение кромок лопаток привело к снижению базового предела выносливости без концентраторов на 9,3...15,7 %, по сравнению с исходными лопатками (рис. 1).

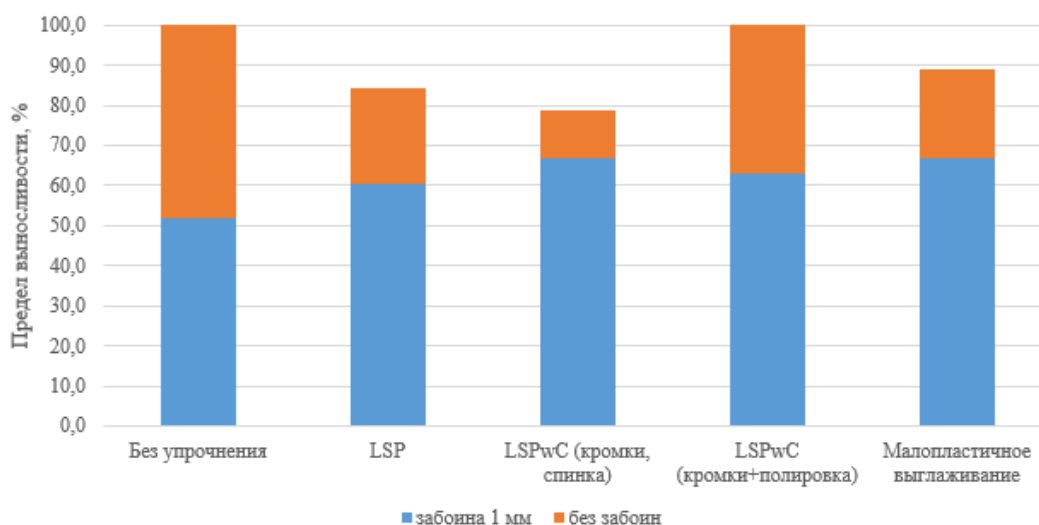


Рисунок 1 – Сравнительные результаты усталостных испытаний лопаток без повреждений и с повреждением типа «забоина» глубиной 1,0 мм

Нанесение концентратора напряжений типа «забоина» глубиной до 1,0 мм на кромку, имитирующего попадание постороннего предмета, приводит к снижению предела выносливости лопаток без упрочнения примерно в 2 раза. Внедрение перспективных методов упрочнения кромок позволяет значительно повысить усталостную прочность лопаток с концентраторами напряжений, увеличение предела выносливости с «забоиной» глубиной до 1,0 мм увеличивается на 8,3...14,8 % (рис. 1).

Показана принципиальная возможность повышения стойкости лопаток к попаданию посторонних предметов при упрочнении кромок методами лазерного удара и малопластичного выглаживания. Необходимо продолжить отработку указанных технологий с целью обеспечения базового значения предела выносливости лопаток.

Список литературы

1. Сулима, А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
2. Шведова, А.С. Повышение эксплуатационных свойств деталей при обработке динамическими методами поверхностного пластического деформирования / А.С. Шведова // Вестник ДГТУ. – 2015. – № 1(80). – С. 114-120.

Сведения об авторах

Ширяев А.А., инженер КО-2993. Область научных интересов: машиностроение.

Миленин А.С., начальник КО-2993. Область научных интересов: машиностроение.

Таиров Д.Ф., начальник бригады КО-2993. Область научных интересов: машиностроение

INFLUENCE OF HARDERING METHODS ON THE ENDURANCE LIMIT ON BLADES OF TITANIUM ALLOY

Shiryayev A.A., Milenin A.S., Tairov D.F.

¹UEC-Aviadvigatel JSC, Perm, Russia, shiryayev-aal@avid.ru

Keywords: laser, hardening, residual stresses, low-plastic burnishing, titanium alloys, fatigue, hydroblasting.

The study compares hardening treatment methods: laser shock peening, low-plastic burnishing and hydroblasting on the endurance limit of titanium alloy blades, as well as on the resistance of blades when foreign objects hit (damage of the “nick” type).