

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ЛОПАТОК АВИАДВИГАТЕЛЕЙ ПС – 90А НА ОСНОВЕ СПЛАВА ЖС32 – ВИ

И. И. Зыков, А. Б. Волынцев

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

Технический прогресс в области авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) в значительной степени определяется качеством и эксплуатационными характеристиками наиболее ответственных деталей-лопаток, которые в настоящее время изготавливают методами литья из никелевых жаропрочных сплавов [1]. Однако, как на отливках, так и при окончательном контроле лопаток, обнаруживается более десятка различных дефектов, а общий уровень брака достигает 20–40%.

Компрессоры и турбины авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) – основные узлы, определяющие характеристики двигателей (газодинамические, геометрические, весовые, экономичности, технологичности, надежности и др.) [2]. Компрессоры и турбины есть машины, элементами которых являются лопатки роторной группы, называемые иначе рабочими лопатками. На рис.1 представлена исследуемая лопатка авиадвигателя [3].



Рис. 1. Рабочая литейная лопатка до механической обработки

Самыми слабыми местами литой лопатки являются перо, представляющее собой дугообразную форму, располагающееся выше ножки сомой детали и перемичка, находящаяся во внутренней области хвостовика. Контроль пера и перемички является визуальным. Дополнительный контроль пера проводят на установке ПРУДУ «КРОС» на разориентацию зерен. Контроль же перемичек таким методом не удобен, т.к. внутреннюю полость лопатки без специальных приборов (эндоскопов) тщательно исследовать не возможно. Для

дополнительной проверки нужен новый метод контроля. Предлагаемый контактный лазерно-ультразвуковой метод позволит выявлять различные дефекты, в том числе микротрещины. Метод также позволит понять проходит ли граница зерен по перемычке во внутренней части хвостовика, т.к. образование новых центров кристаллических зародышей может повлиять на прохождение границы и как она пойдет во внутренней части лопатки визуально не определить. Для понимания перемычка представлена на рис. 2. Центральная часть хвостовика есть исследуемая область. Все что находится выше и ниже называется полочкой. На перемычке показана микротрещина.

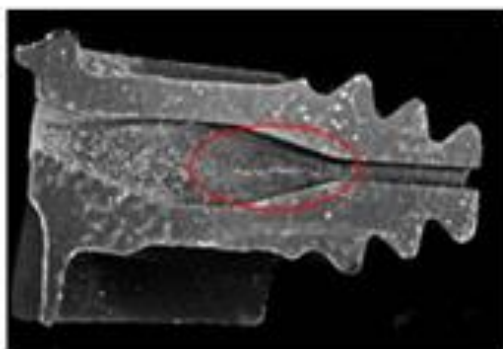


Рис. 2. Перемычка с кристаллизационной трещиной

По технологии производства, разориентация зерен не должна превышать 25° . При разориентации $25^\circ-26^\circ$ литые лопатки списывают в брак. Контактный лазерно-ультразвуковой метод – один из методов контроля деталей авиадвигателя, который предполагает устранение такой неясности при разориентации зерен литой лопатки и по технологии производства она будет являться годной. Лазерно-ультразвуковой дефектоскоп представлен на рис. 3. Предназначен для измерений скорости продольных ультразвуковых волн в образцах и деталях из различных конструкционных материалов (металлов, сплавов, керамик, пластмасс, композитных материалов) при одностороннем доступе к объекту контроля и для сканирования предназначенной области материала [4].



Рис. 3. Лазерно-ультразвуковой дефектоскоп, модель УДЛ-2М

Принцип работы прибора основан на лазерном термооптическом возбуждении наносекундных ультразвуковых импульсов продольных акустических волн в специальном широкополосном оптико-акустическом преобразователе

и измерении скорости распространения этих импульсов в исследуемом образце при одностороннем доступе преобразователя к образцу. Используется времяпролетный метод измерений – по известной толщине образца и измеряемой разности времен прихода на пьезоприемник ультразвукового импульса от поверхности и сигнала, отраженного от тыльной поверхности образца, рассчитывается скорость продольных ультразвуковых волн.

Контроль лазерно-ультразвуковым методом исследуемой лопатки авиадвигателя на основе сплава ЖС32-ВИ проведен на хвостовике лопатки, а также в кармане ножки лопатки без чеканки. В результате контроля обнаружены дефекты. Под дефектам подразумевается либо трещина, либо граница монокристаллов никеля с сильной разориентацией. На перемычке обнаружен дефект на глубине около 1 мм под полкой. На рис. 4 показана область с микротрещиной на перемычке.

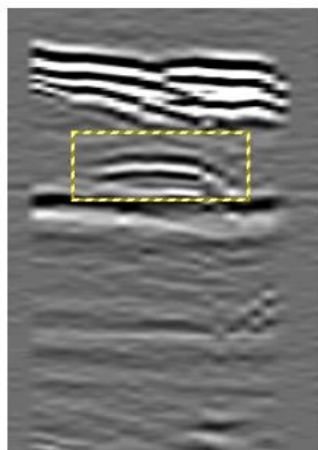


Рис. 4. Входная перемычка в зоне хвостовика

На перемычке обнаружен дефект на глубине около 2 мм под полкой рис. 5.

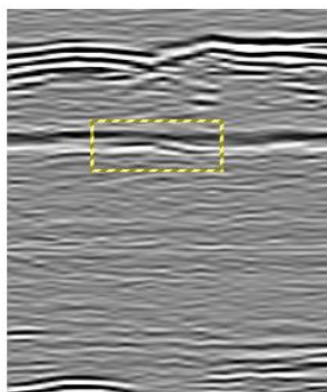


Рис. 5. Выходная перемычка в зоне хвостовика

На перемычке обнаружен дефект на глубине около 2.4 мм под полкой рис. 6.

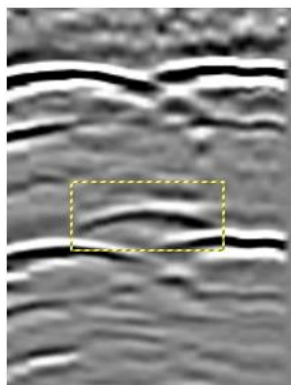


Рис. 6. *Входная перемычка в кармане ножи без чеканки*

Анализ дефектности литейных лопаток 1 ступени авиадвигателей серии 562 показал необходимость совершенствования технологического процесса контроля лопаток с учётом их конструктивных особенностей и упругих свойств литого никелевого сплава ЖС32-ВИ.

Своевременное выявление трещин и большеугловых границ зерен с возможным образованием горячих трещин на стадии изготовления лопаток в производстве является актуальной производственно-технической проблемой в авиадвигателестроении.

Проведено экспериментальное исследование лазерно-ультразвукового метода контроля на лопатках штатной продукции. Экспериментально показана возможность контактной лазерно-ультразвуковой дефектоскопии перемычек лопаток ТВД.

Список литературы

1. ТУ 08. 127 Литые рабочие лопатки турбины, изготавливаемые методом высокоскоростной направленной кристаллизации из сплавов ЖС26-ВИ и ЖС32-ВИ. 2000. 46 с.
2. *Ткаченко Р. И. Розанов М. А.* Монокристаллические лопатки турбины. ЦИАМ. Производственно-технический сборник. 1986. 245 с.
3. *Чичиков Б. А.* Рабочие лопатки авиационных двигателей. Москва. 2000. 60 с.
4. *Карабутов А. А., Пьянков В. А., Жаринов А. Н.* О возможности контроля литых лопаток лазерно-ультразвуковым методом. 2012. 5 с.