

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОЧНЫХ СОПЛОВЫХ ЛОПАТОК ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГАЗОВЫХ ТУРБИН

Наздрачёв С.В.

ПАО «ОДК-Кузнецов», kovbawood@rambler.ru

Ключевые слова: высокотемпературные турбины ГТД, сопловые лопатки, жаропрочные материалы, технология литья, аддитивные технологии, охлаждение, теплозащитные покрытия, ресурс.

Одной из критических проблем создания высокотемпературных турбин ГТД является обеспечение приемлемого уровня температуры материала сопловых лопаток 1 ступени турбины. Местная температура газа перед лопатками вплотную приближается к стехиометрической температуре сгорания керосина, а возможности лучших из доступных жаропрочных сплавов ограничены рабочей температурой 1150-1250 °С.

Современные доступные жаропрочные материалы требуют применения монокристаллической структуры отливок лопаток для обеспечения отсутствия дефектов по границам макрозёрен. Это предопределило практически безальтернативное применение одиночных сопловых лопаток. Однако сопловые лопатки в блочном исполнении имеют ряд принципиальных преимуществ: сниженные утечки, меньшая масса, малое число уступов в проточной части, и реализация этих преимуществ обеспечит комплексное повышение эффективности турбины.

Использование новейших сплавов для блочных лопаток требует решения ряда технологических проблем, наиболее существенной из которых является обеспечение требуемой макроструктуры. Применение установок высокоградиентной кристаллизации вкупе с освоением новых способов формирования макроструктуры из нескольких центров кристаллизации уже сегодня позволяют обеспечить структуру блочных отливок, приближающуюся к монокристаллической. Важную роль в обеспечении разработки технологии монокристаллического литья блочных лопаток сыграет создание новых сплавов, допускающих отклонение структуры отливок от монокристаллической, но сохраняющих работоспособность при более высокой температуре (свыше 1250 °С) по сравнению с существующими.

Альтернативой литым лопаткам могут служить лопатки, изготавливаемые с применением аддитивных технологий. В настоящее время технологии аддитивного производства бурно развиваются, номенклатура порошковых жаропрочных сплавов всё более расширяется и через 5-7 лет можно прогнозировать реальную возможность создания блочных лопаток, изготовленных с применением аддитивных технологий.

Другой возможной альтернативой является применение материалов на основе керамо-композитов. В России ведутся НИОКР по созданию прототипов конструкций из такого рода материалов, и через 5-10 лет, возможно, будут созданы промышленные технологии изготовления деталей из них. Вопрос о технологической возможности и экономической целесообразности изготовления блочных лопаток из керамо-композитов пока остаётся открытым.

Применение блочных лопаток также потребует отработки технологии нанесения теплозащитных покрытий на «закрытые» участки профиля в межлопаточных каналах. Применяемые технологии плазменного напыления требуют прямого доступа к поверхности, что не всегда реализуемо для блочных лопаток из-за газодинамических ограничений. Реальным способом нанесения ТЗП на проточные поверхности перьев блочных лопаток является применение электроннолучевого испарения и конденсации в вакууме металлических покрытий и керамических материалов на основе диоксида циркония.

Блочные лопатки имеют некоторые особенности организации системы охлаждения. Для обеспечения их высокой циклической долговечности требуется снижение окружного градиента

температуры полков. Это достигается благодаря плёночным завесам проточных поверхностей, развитому струйному охлаждению и интеграции охлаждения полков лопаток и надроторных вставок.

Таким образом, несмотря на технологические сложности, перспективы применения блочных лопаток в высокотемпературных турбинах ГТД реальны. В связи с этим необходимо развить методики расчёта НДС блочных лопаток с учётом ориентации кристаллов отливки и вариаций окружной неравномерности поля за камерой сгорания. Поскольку сопловые лопатки, как правило, контролируются в эксплуатации в достаточно ограниченном секторе, требуется совершенствование методов прогнозирования их ресурса.

Сведения об авторе

Наздрачёв Сергей Владимирович, «ПАО ОДК-Кузнецов», начальник отдела турбин ОКБ СГК. Область научных интересов: конструкция и проектирование турбин ГТД.

BLOCK NOZZLE VANE PERSPECTIVES FOR APPLICATION IN HIGH-TEMPERATURE GAS TURBINES

Nazdrachev S.V.

JVC ODK-Kuznetsov, Samara, Russia, kovbawood@rambler.ru

Keywords: high-temperature gas turbines of GTE, nozzle vanes, heat-resistance material, casting technology, additive technology, cooling, thermal protection coating, service life.

The article describes development and manufacturing problems of block nozzle vanes including the relation of material and casting technology, possibility of additive technology for block vane manufacturing. Also described thermal protection coating and cooling problems for block vanes. According to author the implement of block vanes for high temperature turbines is possible.