

ИНТЕГРАЛЬНОЕ РАБОЧЕЕ МОНОКОЛЕСО С ОХЛАЖДАЕМЫМИ ЛОПАТКАМИ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГАЗОВЫХ ТУРБИН ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

©2016 Л.А. Магеррамова¹, В.В. Ясинский², М.С. Свиная¹, П.В. Потепалова¹

¹Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова, г. Москва

²Научно-производственный центр газотурбостроения «Салют», г. Москва

INTEGRATED BLISK WITH COOLED BLADES FOR HIGH TEMPERATURE HIGH-PRESSURE GAS TURBINE

Magerramova L.A., Svinareva M.S., Potepalova P.V. (Central Institute of Aviation Motors named after P.I. Baranov, Moscow, Russian Federation)

Yasinsky V.V. (Scientific production center "Salute", Moscow, Russian Federation)

The integral blisk with cooled blades for high temperature high-pressure gas turbine has been designed on the basis of a traditional construction for a wheel with blades and disk lock joint. The comparison calculations of these constructions are shown that the integral blisk mass is smaller than traditional wheel mass by 14-18%. The minimal static safety factor of the traditional wheel is smaller than the integral blisk safety factor by 1,5 times.

Традиционный подход к конструированию рабочих колёс высокотемпературных турбин, основанный на применении замковых соединений лопаток с диском, не позволяет совершенствовать конструкции в направлении увеличения долговечности, прочностной надёжности, повышения газодинамической эффективности и уменьшения массы колеса.

Эта проблема может быть решена использованием разнородных материалов в конструкции колеса, представляющего собой неразъёмное соединение лопаток, в том числе монокристаллических, и дисковой части из жаропрочного гранулируемого никелевого сплава, соединённых между собой методами горячего изостатического прессования (ГИП).

На основе рабочего колеса традиционной замковой конструкции, состоящего из диска, изготовленного из гранулируемого сплава, и охлаждаемых лопаток из жаропрочного сплава (рис. 1), спроектировано интегральное моноколесо из тех же разнородных сплавов (рис. 2).

Разработанная конструкция представляет собой дисковую часть, которая соединена с отдельно отлитыми лопатками с удлиненными ножками.

Технология процесса [1, 2] отработана при изготовлении биметаллических блисков с неохлаждаемыми лопатками и имитаторов, представляющих собой блоки, состоящие из дисковой части из гранулируемого никелевого сплава с одной или несколькими охла-

ждаемыми монокристаллическими лопатками (рис. 3).

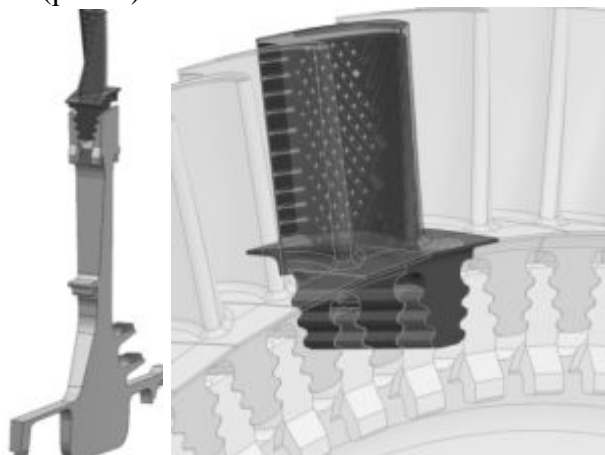


Рис. 1. Исходная замковая конструкция

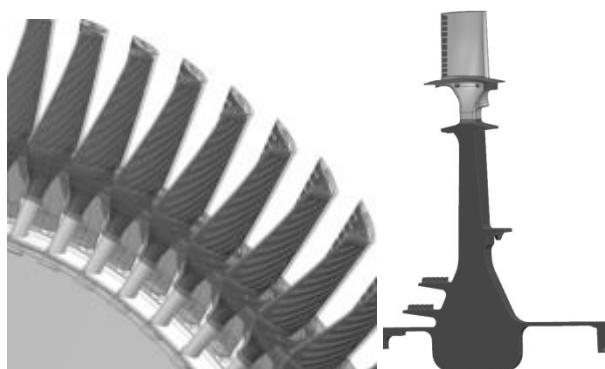


Рис. 2. Интегральное моноколесо

Сложностью конструкции интегрального моноколеса является обеспечение подачи охлаждающего воздуха, минуя зону соединения дисковой части с лопатками. При этом при изготовлении моноколеса в процессе ГИП важно обеспечить герметичность в зоне соединения двух сплавов.

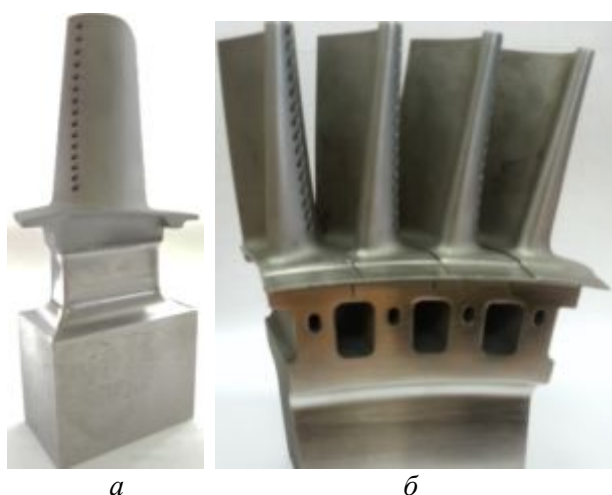


Рис. 3. Биметаллические модели с охлаждаемыми лопатками: а) образец-имитатор, б) блок с четырьмя охлаждаемыми лопатками

В замковом колесе охлаждающий воздух подаётся в лопатки через замковое соединение (рис. 4, а). В спроектированной конструкции интегрального моноколеса подача охлаждающего воздуха к рабочим лопаткам осуществляется вне диска (рис. 4,б). Воздух из аппарата закрутки на статоре турбины попадает в пространство между напорным кольцом и диском 1. В этом пространстве воздух уменьшает свою окружную скорость от скорости после аппарата закрутки до скорости диска в районе входа в трубки 4. По трубкам 4 воздух поступает в ножку 6 рабочей лопатки 5 и далее в охлаждающий тракт рабочих лопаток, минуя место соединения 2 диска с рабочими лопатками. Такая конструкция позволяет передавать воздух из статора в рабочие лопатки с минимальными потерями давления и проводить соединение рабочих лопаток и диска без образования полостей в месте соединения.

Проведённые сравнительные расчёты на прочность на заданном режиме работы показали, что масса интегрального моноколеса на 14-18% меньше массы прототипа. При этом минимальные запасы длительной статической прочности в замковом соединении традиционной разъёмной конструкции в 1.5 раза ниже соответствующего параметра в области зоны соединения лопаток с дисковой частью интегрального моноколеса.

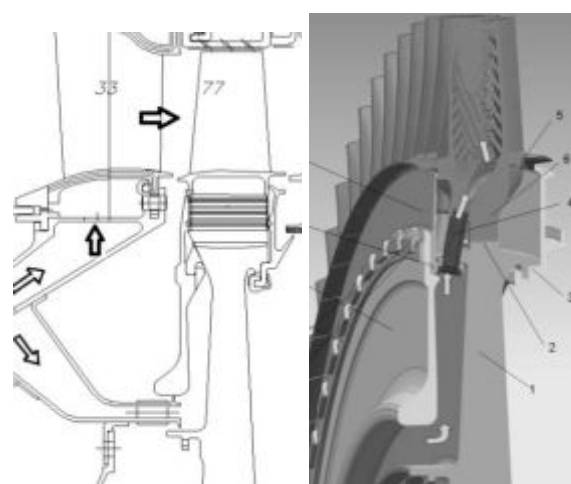


Рис. 4. Система подачи охлаждающего воздуха в лопатки замковой конструкции (а) и моноколеса (б)

Выполненные исследования, наряду с выполненными ранее работами (испытаниями биметаллических образцов, моделей, исследованиями макро и микроструктуры зон соединения) [3], показывают перспективность разработанной технологии создания биметаллических моноколёс из разнородных материалов для высокотемпературных турбин газотурбинных двигателей.

Библиографический список

1. Магеррамова Л.А., Кратт Е.П., Ясинский В.В. Способ изготовления интегрального блиска с неохлаждаемыми рабочими лопатками для газотурбинного двигателя и интегральный блиск // Патент РФ №2457177. 2012. Бюл. № 32.
2. Магеррамова Л.А., Кратт Е.П., Ясинский В.В. Способ изготовления интегрального блиска с охлаждаемыми лопатками, интегральный блиск и охлаждаемая лопатка для газотурбинного двигателя // Патент РФ № 2478796. 2013. Бюл. № 10.
3. Магеррамова Л.А., Стадников А.Н. Экспериментальное исследование образцов-имитаторов биметаллического моноколеса высокотемпературной турбины с охлаждаемыми лопатками для перспективных газотурбинных двигателей // Вестник СГАУ им. С.П. Королёва, 2015. Т. 14, № 3, Ч. 1. С.114-120.