

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТИПА «БЛИСК» ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ГТД)

Туль П.А.

Туль Полина Алексеевна – студент,  
кафедра технологии производства и эксплуатации двигателей летательных аппаратов,  
факультет аэрокосмических наукоёмких технологий и производства,  
Московский авиационный институт, г. Москва

**Аннотация:** в статье представлен обзор применяемых технологий и упрощённый процесс изготовления высокоответственной конструкции типа «блиск» для авиационных газотурбинных двигателей.

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель (ГТД), конструкция типа «блиск», лопатки, метод горячего изостатического прессования (ГИП), метод диффузионной сварки, линейная сварка трением, метод диффузионной пайки.

Современную авиационную промышленность невозможно представить без внедрения в двигатели различных перспективных конструкций. Одной из их важнейших задач является повышение энергоэффективности ГТД посредством повышения температуры рабочего газа в тракте двигателя и снижения массы его подвижных частей.

К наиболее ответственным из подвижных деталей относится рабочее колесо турбины, а самая высоконагруженная его часть – место соединения лопаток с диском. Высокие густота лопаточной решётки и окружные скорости приводят к неравномерности нагрузки и нагрева тракта. Решением данной проблемы, в ряде случаев, может стать замена традиционного рабочего колеса турбины с механическим соединением лопатки с диском на монолитное неразъёмное колесо – *блиск*.

При производстве конструкций типа «блиск» необходимо учитывать жёсткие температурные условия работы, которые обязывают выполнять этот элемент из жаропрочных и износостойких материалов. Диапазон рабочих температур в профиле лопаток на колесе турбины находится в пределах от 750 до 1150, что предполагает сочетание в изделии разноимённых сплавов: для диска – жаропрочные деформируемые, а для лопаток – литейные монокристаллические [1]. В связи с этим, ключевое значение имеет технология получения таких высокопрочных неразъёмных соединений.

*Метод горячего изостатического прессования (ГИП).* В ходе данной операции заранее изготовленные литые лопатки с помощью керамических элементов устанавливают в капсулу, которую в последующем заполняют порошком дискового сплава, герметизируют и проводят процесс ГИП. По окончании процесса капсулу удаляют с помощью травления, а диск подвергают механической обработке [2].

*Метод диффузионной сварки.* Сложность метода заключается в трудоёмкости подготовки поверхностей к сварке, а также в невозможности на данный момент достоверно оценить качество произведённой операции. Однако положительным результатом использования метода диффузионной сварки является образование прочного соединения в зоне контакта свариваемых элементов, получаемое за счёт взаимной диффузии атомов металлов.

*Линейная сварка трением.* При применении этого метода детали нагреваются благодаря преобразованию механической энергии в тепловую, в результате трения при возвратно-поступательном движении [3]. Преимуществом данного метода является предъявление меньших требований к чистоте обрабатываемых поверхностей по сравнению с предыдущим.

*Метод диффузионной пайки.* Данная технология является наиболее эффективной при получении всех паяных соединений диска с лопатками. К главным достоинствам метода относится отсутствие повышенных требований к подготовке соединяемых поверхностей и пайка элементов всего изделия за одну технологическую операцию.

На основе изложенных методов получения неразъёмных соединений можно составить упрощённый технологический процесс изготовления блиска:

1. Отливка лопаток
2. Пайка лопаток в технологическую оснастку
3. Изготовление дисковой части
4. Сборка капсул с дисковой частью
5. Герметизация и балансировка
6. Последующая механическая обработка

Проведённые исследования опытного образца-демонстратора ротора ГТД с применением неразъёмного соединения позволили [4]:

- снизить массу обода рабочего колеса на 7%

- снизить напряжения в ступице диска на 14%
- исключить крепёжные фиксирующие элементы лопаток
- уменьшить удельный вес всего двигателя
- уменьшить расхода топлива
- получить возможность расположения большего числа лопаток
- увеличить температуру газа перед турбиной на 5-7%
- увеличить мощность двигателя (повысить КПД на 1-2%)
- увеличить долговечность рабочего колеса турбины в 2-3 раза.

Выше представленные результаты, полученные в ходе прочностных, динамических и прочих исследований, позволяют оценить конструкцию типа «блиск» как высокотехнологичную и перспективную для авиационного двигателестроения.

#### *Список литературы*

1. *Ломберг Б.С., Овсепян С.В., Бакрадзе М.М.* Высокожаропрочные деформируемые никелевые сплавы для перспективных газотурбинных двигателей и газотурбинных установок // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер.: Машиностроение, 2011. SP2. С. 98–103.
2. *Магеррамова Л.А.* Применение биметаллических блисков, изготавливаемых методом ГИП из гранулируемых и литейных никелевых суперсплавов, для увеличения надежности и ресурса газовых турбин // Вестник УГАТУ, 2011. № 4 (44). С. 33–38.
3. *Поварова К.Б., Валитов В.А., Овсепян С.В., Дроздов А.А., Бзылева О.А., Валитова Э.В.* Изучение свойств и выбор сплавов для дисков с лопатками («блисков») и способа их соединения // Металлы, 2014. № 5. С. 61–70.
4. *Оспенникова О.Г., Лукин В.И., Афанасьев-Ходыки А.Н., Галушка И.А.* Изготовление конструкции типа «блиск» из разноимённого сочетания материалов (обзор). Электронный научный журнал «Труды ВИАМ». № 10, 2018.