

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Соболева Н.С., Дубасов В.М.

Луганский государственный университет им. Владимира Даля

Разработка новых газотурбинных двигателей (ГТД) и освоение их в производстве тесно связаны с особенностями этих высоконагруженных, сложных в конструктивном и технологическом исполнении изделий. Использование легких алюминиевых и магниевых сплавов, высокопрочных легированных сталей и жаростойких хромоникелевых сплавов, использование титановых сплавов, композитных и других материалов требует тщательной оценки экономических показателей производства. Применение современных способов обработки поверхностей заготовок, способов получения исходных заготовок, особенностей изготовления деталей при малых сериях производства определяют существенный характер авиационного двигателестроения.

Детали турбины ГТД работают при высоких температурных режимах эксплуатации. Перепад температур в различных зонах отдельной детали двигателя достигает 400°C. Это требует в процессе изготовления деталей тщательной защиты поверхностей. Для защиты поверхностей используют гальванические покрытия, ионно-плазменное напыление, специальные термобарьерные керамические покрытия и т.п.

Лопатки ротора компрессора являются ответственными элементами ГТД. От качества работы компрессора зависит надежность и экономичность всего изделия.

Наиболее высокие требования предъявляют к материалу лопаток, работающих в зоне турбины ГТД. Вначале использовались хромоникелевые сплавы, которые подвергались деформированию методом горячей штамповки (ЭИ437Б, ЭП867, ЭП929 и др.), а после создания конструкции лопаток турбины с охлаждаемой полостью – хромоникелевые литейные сплавы ЖС-3, ЖС6-К, ВЖЛ-12у и др.

Высокие требования к качеству материала деталей и к поверхностям соединений определяют необходимость применения различных видов контроля в технологическом процессе изготовления: люминесцентного, рентгеновского и других видов проверки материала обеспечивает качество.

Государственное предприятие «Луганский авиационный ремонтный завод» выполняет капитальный ремонт авиационной техники. Один из видов контроля качества, применяемый на заводе - метод исследования микроструктур шлифов.

Металлографический анализ на перегрев исследуют лопатки ротора турбины 1 и 2 ступени.

Перегрев на лопатках определяется по микроструктуре шлифов после травления в специальном реактиве.

Проверка микроструктуры производится в наиболее горячей зоне пера лопатки: 1 ступень – на расстоянии 25-30 мм от свободного торца пера; 2 ступень – на расстоянии 58-60 мм от верхней плоскости бандажной полки.

Шлиф тщательно промывают и обезжиривают спиртом. Погружают шлиф в реактивы следующего состава: соляная кислота 550 мл; серная кислота 20 мл; сернокислая медь 160 гр.; перекись водорода (35%) 10 мл.

Травят погружением без подогрева. Время использования – до полной выработки. Окончив травление быстро промывают шлиф струёй воды.

Далее промывают шлиф в спирте, после чего просушивают его с помощью фильтровальной бумаги.

Контроль производят по всему сечению пера лопатки как в середине сечения, так и по периферии. Осмотр производится при 100 или 500 кратном увеличении при помощи металлографического микроскопа МИМ-7.



а

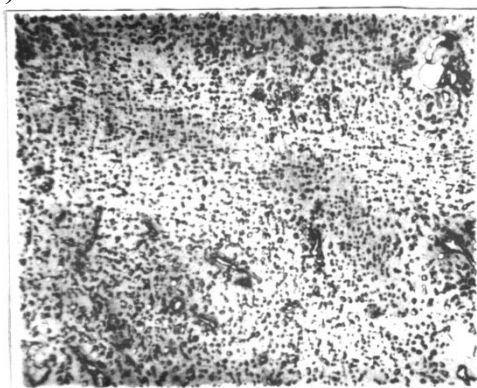


б

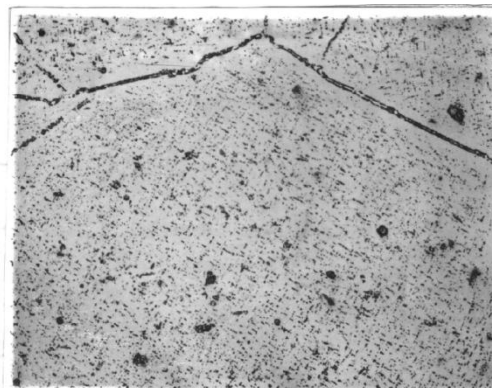
Рисунок 1 -Микроструктуры лопаток ГТД

а – отсутствие (полное растворение) интерметаллидной фазы. Лопатка 2-ой ступени (сплав ЭП-220ВД);

б – коагуляция интерметаллидной фазы. Лопатка 1-ой ступени (сплав ВЖЛ-12У)



а



б

Рисунок 2 - Частичное растворение интерметаллидной фазы:

а – лопатка 1-ой ступени (сплав ВЖЛ-12У);

б – лопатка 2-ой ступени (сплав ЭП-220ВД).

Оценка производится по состоянию упрочняющей интерметаллидной фазы в сердцевине сечения, величине окисленного поверхностного слоя

металла и обеднения этого слоя упрочняющей фазой при 500 кратном увеличении.

Микроструктура этих сплавов представляет собой твердый раствор (α -фазу), упрочненный интерметаллидной $[\text{Ni}_3\text{Al}, \text{Ni}_3\text{Ti}, \text{Ni}_3(\text{Ti},\text{Al}), \text{Ni}_3\text{Nb}]$ и карбидной фазами. Высоколегированные жаропрочные сплавы на основе Ni содержат до 50-60% по массе упрочняющей интерметаллидной фазы (α' -фазы), дисперсные частицы которой разделены тонкими прослойками твердого раствора. При избыточном легировании в процессе эксплуатации выделяются топологически плотноупакованные фазы, способствующие преждевременному разрушению материала.

С целью повышения качества поверхностей и увеличения ресурса работы деталей ГТД в поверхностном слое создаются оптимальные сжимающие напряжения различными упрочняющими методами такими, как гидродробеструйная, пневмодробеструйная, абразивно-жидкостная обработка, алмазное выглаживание поверхностей, выглаживание шариками или роликами, применение лазерной обработки т.п.

Для обеспечения надежности и долговечности ГТД, работающих в условиях агрессивных сред, высоких температур, топлив, содержащих серу, в пылевлагонасыщенных районах, когда имеет место попадание солей натрия и кальция в проточную часть двигателя, предъявляют жесткие требования к материалам и технологии получения защитных покрытий рабочей части пера лопатки.

Литература

1. Демин Ф.И. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей [Электронный ресурс]: [учебник] / Ф. И. Демин, Н. Д. Проничев, И. Л. Шитарев; под. общ. ред. проф. Ф. И. Демина. – 2-е изд. – Самара: Изд-во СГАУ, 2012. 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
2. Новые материалы. Колл. Авторов. Под научной ред. Ю.С. Карабасова. – М: «МИСИС». – 2002 – 736 с.
3. Специальные стали: Учебник для студентов вузов / С.В. Гольдштейн [и др.] – М.: Металлургия, 1985. – 408 с.