

**Яфаркина Юлия Владиславовна**  
Студент МСuПБ  
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева,  
E-mail: julia.vladislavovna@mail.ru

**Yafarkina Julia Vladislavovna**  
MSIP Student  
KNITU-KAI named after A.N. Tupolev,  
E-mail: julia.vladislavovna06@mail.ru

## **Определение структуры и свойств сплавов рабочих лопаток турбин**

### **Determination of the structure and properties of the alloy of turbine blades**

**Аннотация:** В работе проведен аналитический обзор по теме лопаток ГТД. Рассмотрены характеристики и дефекты лопаток ГТД. Проанализированы материалы, которые используются при высоких температурах, и методы повышения жаропрочности.

Рассмотрены структурные изменения лопаток 1 и 2 ступени после наработки (1270 ч). Выявлены дефекты в процессе эксплуатации. Также приведен сравнительный анализ микроструктур в исходном состоянии и после наработки.

Исследование структуры и свойств сплавов для рабочих газотурбинных двигателей представляет собой **актуальную** задачу в авиационной отрасли. Газотурбинные двигатели являются неотъемлемой частью современных машин, их надежность и безопасность напрямую зависят от качества материалов, используемых в конструкции двигателя

**Ключевые слова:** ГТД, рабочие лопатки, язвенная коррозия, структура, состав и морфология  $\gamma'$ -фазы.

**Abstract:** The object of the study is cast working blades obtained by single-crystal casting from the alloy ZHS30-VI.

The work provides an analytical review on the topic of gas turbine engine blades. The characteristics and defects of gas turbine engine blades are considered.

Materials used at high temperatures and methods for increasing heat resistance are analyzed.

Structural changes in stage 1 and 2 blades after operating time (1270 hours) are considered. Defects were identified during operation. A comparative analysis of microstructures in the initial state and after operation is also provided.

**Key words:** gas turbine engine, working blades, ulcerative corrosion, structure, composition and morphology of the  $\gamma'$  phase.

### **Введение.**

Рабочие лопатки турбин авиационных газотурбинных двигателей – важнейшие детали, определяющие рабочие параметры, ресурс и безопасность полетов. Их повреждение способно нанести серьезный ущерб двигателю[1].

Сплавы, применяемые в рабочих газотурбинных двигателях, должны обладать определенными качествами, включая высокую теплостойкость, длительную прочность при высоких температурах, относительное сужение, жаростойкость, устойчивость к газовой коррозии и усталостным разрушениям [2].

### **Материалы и методы.**

*Метод повышения жаропрочности*

*Упрочняющие фазы*

Один из основных факторов жаропрочности сталей и сплавов заключается в образовании упрочняющих фаз. Для увеличения жаропрочности необходимо добавлять элементы, которые способствуют образованию стойких к коагуляции и растворению упрочняющих фаз. Чем устойчивее эти фазы, тем выше температура, при которой сохраняется их упрочняющее действие. При температуре 600-700 °С такими фазами являются карбиды карбидообразующих элементов, например, Nb, V, Ti.

*Редкоземельные и щелочные элементы*

Введение в сплавы небольших долей редкоземельных и щелочноземельных элементов, а также циркония и бора, оказывает положительное воздействие на их термостойкость по нескольким причинам: они практически не растворяются в сплавах (поэтому добавляются в крайне низких концентрациях - в тысячных и сотых долях процентов) и сконцентрированы у границ, замедляя процессы диффузии; они имеют сильное химическое взаимодействие с кислородом, серой, азотом, водородом, образуя стойкие оксиды и сульфиды.

### **Обсуждения.**

Для снижения влияния на термостойкость никелевых сплавов, эти добавки можно упорядочить следующим образом: La, Ce, Ba. Превышение оптимального содержания добавок приводит не только к снижению термостойкости, но и пластичности сплавов [3].

### **Результаты.**

Чем крупнее зерна, тем короче границы зерен и слабее скольжение и диффузионный перенос вакансий вдоль них. Поэтому для работы при температурах выше 600 °С требуется создание крупнозернистой структуры материалов.

### **Заключение.**

Таким образом, необходимо обеспечить высокий уровень прочности межатомной связи, субмикроскопическую неоднородность строения и выделение оптимального количества упрочняющих фаз в сплавах. Также важно создать препятствия для межзеренной деформации и диффузии, обеспечить стабильность структуры во время эксплуатации и нейтрализовать вредные примеси [4].

## **Список источников**

1) Богданов, А.Д. Авиационный двигатель ТВ2-117 / Богданов А.Д., Хаустов И.Г. - М.: Транспорт, 1970. - 372 с

2) Зрелов В.А. Отечественные газотурбинные двигатели: основные параметры и конструктивные схемы / В.А. Зрелов - М.: ОАО «Издательство «Машиностроение», 2005 - 336 с

3) Масленников, М.М. Газотурбинные двигатели для вертолетов / М.М. Масленников, Ю.Г. Бехли, Ю.И. Шальман. - М.: Машиностроение, 1969. - 380 с.

4) Трубочкин, А.В. Влияние кремния и выделений частиц интерметаллидов на структуру и свойства жаропрочных псевдо-альфа титановых сплавов/ А.В. Трубочкин //Титан. 2004. № 1. С. 55...63.

5) Margolin, H. Influence of aging temperature on the formation of structure and properties of titanium alloys/ H. Margolin, Cohen O.// Titanium 80, Sci. and Technology Proc. 4.Int. Conf.-Kyoto, may 1980.-V.2. P. 1555...1561.