

Министерство образования и науки Российской Федерации
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

А. И. Рудской А. А. Попович А. В. Григорьев

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ

*Рекомендовано федеральным учебно-методическим объединением
в системе высшего образования по укрупненным группам специальностей
и направлений подготовки 15.00.00. «Машиностроение»
в качестве учебного пособия для реализации основных профессиональных
образовательных программ высшего образования*

 **ИЗДАТЕЛЬСТВО**
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Санкт-Петербург
2017

ББК 30.36

P83

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и исследование материалов» СПбПУ *Е. Л. Гюлиханданов*

Кандидат технических наук, ученый секретарь «НИЦ «Курчатовский институт» — «ЦНИИ КМ «Прометей» *Б. В. Фармаковский*

Рудской А. И. Композиционные материалы и покрытия: учеб. пособие / А. И. Рудской, А. А. Попович, А. В. Григорьев. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. — 223 с.

Рассмотрены особенности структуры и важнейшие свойства композиционных материалов и покрытий, определяющих научно-технический прогресс в авиационной промышленности, машиностроении, приборостроении и других областях техники. Приведена классификация и указаны области применения композиционных материалов и покрытий.

Рекомендовано в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям. Также может быть использовано для повышения квалификации инженерных кадров.

Табл. 21. Ил. 68. Библиогр.: 208 назв.

Печатается по решению
Совета по издательской деятельности Ученого совета
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

ISBN 978-5-7422-5983-1
doi:10.18720/SPBPU/2/id17-4

© Рудской А. И., Попович А. А.,
Григорьев А. В., 2017

© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2017

Оглавление

| | |
|---|------------|
| Введение | 5 |
| Глава 1. ПОНЯТИЕ О КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ | 7 |
| Глава 2. ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ | 16 |
| Глава 3. КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ | 37 |
| Глава 4. ВОЛОКНИСТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ | 42 |
| Глава 5. ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ | 92 |
| Глава 6. УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ | 107 |
| Глава 7. СЛОИСТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ | 114 |
| Глава 8. КЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ | 123 |
| Глава 9. ПОРОШКОВЫЕ И ГРАНУЛИРОВАННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ | 135 |
| Глава 10. НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ | 143 |
| Глава 11. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ | 156 |

| | |
|--|------------|
| Глава 12. МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ | 166 |
| Глава 13. УТИЛИЗАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ | 177 |
| Заключение | 184 |
| Библиографический список | 185 |
| Глоссарий | 197 |
| Приложение. БАЗА ДАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ | 201 |

Введение

Ресурс систем и агрегатов летательного аппарата, в том числе авиационного двигателя, в значительной степени зависит от свойств конструкционных материалов, из которых изготавливаются их детали и узлы. При этом конструкционные материалы должны отвечать следующим требованиям: повышенной теплопроводностью, минимальной плотностью, минимальными коэффициентами объемного и линейного расширения, высокой износостойчивостью, твердостью и прочностью.

Замена металлических сплавов на композиционные материалы (КМ), позволяющих добиться значительного снижения веса изделия и повышения эксплуатационных характеристик, является одной из мировых тенденций при разработке деталей различного назначения, в том числе и авиационных двигателей.

Перспективность использования композиционных материалов в различных отраслях техники определяется большим разнообразием их свойств. Высокая прочность и удельная жесткость, малая чувствительность к концентраторам напряжений и высокое сопротивление усталостному разрушению, жаропрочность, износостойкость, электропроводность, а также электроизоляционные, радиопоглощающие, антифрикционные, эрозионностойкие, теплозащитные, энергоемкие и другие свойства — таков далеко не полный перечень важнейших характеристик этих материалов. Поэтому получение новых композиционных материалов можно считать залогом технического прогресса.

Одним из перспективных направлений повышения технического уровня объектов авиакосмического назначения, в том числе авиационных двигателей и их надежности, наработки на отказ, является использование наноструктурированных металлокерамоматричных и интеркерамических композиционных материалов широкой области применения.

Благоприятное сочетание физико-механических свойств композиционных материалов на основе карбидов, нитридов, силицидов и диборидов переходных и тугоплавких металлов позволяют минимизировать износ узлов трения, повысить надежность и ресурс деталей летательного аппарата и механизмов авиационного двигателя.

Создание высоконагруженных деталей авиационных двигателей из композиционных материалов предусматривает решение целого комплекса связанных друг с другом задач: моделирование, расчет и проектирование конструкции из композиционных материалов, определение конструктивных особенностей конструкции и схемы армирования, а также выбор материалов и технологии изготовления. При этом материалы и технологии изготовления могут решающим образом сказаться на возможности выполнения тех или иных конструктивных особенностей детали, создания определенной схемы армирования и реализации заданных свойств материала в конструкции.