

БАКАЛАВРИАТ • СПЕЦИАЛИТЕТ • МАГИСТРАТУРА

А.Л. Галиновский, И.Н. Кравченко, С.А. Величко

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗДЕЛИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Рекомендовано

Экспертным советом УМО в системе ВО и СПО

в качестве **учебника** для направления бакалавриата и магистратуры

«Ракетные комплексы и космонавтика»

и специальности «Проектирование, производство

и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов»

BOOK.ru

ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНАЯ СИСТЕМА

КНОРУС • МОСКВА • 2022

УДК 533+629.7(075.8)
ББК 22.253+39.62+30.6я73
Т38

Рецензенты:

Д.В. Аятипов, заведующий кафедрой производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, д-р техн. наук, доц.,
И.А. Меделяев, проф. кафедры материально-технического обеспечения федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого» Министерства обороны Российской Федерации, д-р техн. наук, доц.

Авторы:

А.Л. Галиновский, **И.Н. Кравченко**, **С.А. Величко**, **В.В. Пирогов**, **В.А. Нелюб**,
Ч. Цзя, **М.И. Абашин**

Т38 **Технологии обработки композиционных материалов изделий аэрокосмической техники**: учебник / **А.Л. Галиновский**, **И.Н. Кравченко**, **С.А. Величко** [и др.]. — Москва : КНОРУС, 2022. — 198 с. — (Бакалавриат, специалитет и магистратура).

ISBN 978-5-406-09649-9

Подробно представлены материалы, которые условно можно разделить на четыре основные части: применение композиционных материалов в существующих и перспективных изделиях аэрокосмической техники; проблемы и задачи обработки композиционных материалов; особенности обработки сэндвич-панелей; рекомендуемые режимы механической обработки. Рассмотрено большое количество практических рекомендаций, способствующих более глубокому пониманию и освоению изучаемых дисциплин «Технологии ракетно-космической техники», «Аддитивные технологии аэрокосмического машиностроения», «Технологии аэрокосмического машиностроения». По каждой из рассматриваемых тем приведен список примерных вопросов для итогового контроля знаний, а также сформулированы тестовые задания, направленные на практическое применение изученного материала.

Соответствует ФГОС ВО последнего поколения.

Для студентов бакалавриата, магистратуры и специалитета, обучающихся по направлениям подготовки «Ракетные комплексы и космонавтика», «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов». Учебник может быть полезен для преподавателей, аспирантов и инженерно-технических работников машиностроительного комплекса страны.

Ключевые слова: методы обработки; композиционные материалы; изделия аэрокосмической техники; металлополимерные покрытия; режимы резания.

УДК 533+629.7(075.8)

ББК 22.253+39.62+30.6я73

**ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ИЗДЕЛИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

Изд. № 646463. Подписано в печать 12.01.2022. Формат 60×90/16.
Гарнитура «Newton». Усл. печ. л. 12,5. Уч.-изд. л. 9,0. Тираж 500 экз.

ООО «Издательство «КноРус».

117218, г. Москва, ул. Кедрова, д. 14, корп. 2.

Тел.: +7 (495) 741-46-28.

E-mail: welcome@knoрус.ru www.knoрус.ru

Отпечатано в АО «Т8 Издательские Технологии».

109316, г. Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп. 5.

Тел.: +7 (495) 221-89-80.

ISBN 978-5-406-09649-9

© Коллектив авторов, 2022

© ООО «Издательство «КноРус», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Глава 1. ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	15
1.1. Применение композиционных материалов в изделиях аэрокосмической техники	15
1.2. Особенности механической обработки полимерных композиционных материалов	19
1.3. Применение сборных режущих инструментов для обработки неметаллических материалов	37
1.4. Комбинированные методы предварительной и дополнительной обработки полимерных композиционных материалов.....	41
1.5. Термическая обработка полимерных материалов.....	41
1.6. Обработка с применением импульсных источников энергии	44
1.7. Обработка полимерных материалов технологической средой	44
1.8. Особенности получения отверстий в полимерных композиционных материалах.....	45
1.9. Лазерная резка полимерных композиционных материалов	50
1.10. Лазерная резка тонколистового углепластика	51
1.11. Лазерная резка слоистых пластиков.....	57
1.12. Лазерная резка кварцевого стекла	59
1.13. Фрезерование стеклотекстолитов	60
1.14. Гидроабразивная резка сотовых панелей из ПКМ	62
<i>Контрольные вопросы</i>	65
Глава 2. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	67
2.1. Точение с предварительной деструкцией материала	67
2.2. Механохимическая обработка заготовок.....	70
2.3. Термомеханическая обработка.....	71
2.4. Резание с управляемым изменением напряженно-деформируемого состояния	73
2.5. Резание с технологическим наполнителем.....	73
2.6. Метод широких срезов	74
2.7. Точение с дополнительным технологическим покрытием	75
2.8. Высокоскоростная обработка полимеров.....	76
2.9. Резание с предварительным деформированием	77
2.10. Обработка резанием комбинированных металлополимерных покрытий.....	80

2.10.1. Силы резания при обработке комбинированных металлополимерных покрытий лезвийным режущим инструментом	80
2.10.2. Моделирование влияния факторов на касательные сдвиговые напряжения в зоне контакта электроискрового и полимерного покрытий.....	83
<i>Контрольные вопросы</i>	87
Глава 3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ РЕЖИМОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	88
3.1. Выбор режимов резания при механической обработке пластмасс.....	88
3.1.1. Точение	88
3.1.2. Сверление	96
3.2. Выбор режимов резания при механической обработке пластиков	98
3.2.1. Фрезерование пластмасс	98
3.2.2. Точение	100
3.2.3. Сверление	105
3.2.4. Фрезерование стеклопластиков.....	113
3.3. Обработка изделий из углепластика, органопластика и боропластика.....	116
3.3.1. Точение	117
3.3.2. Сверление	121
3.3.3. Фрезерование.....	123
3.4. Обеспечение безопасности труда при обработке композиционных материалов	125
<i>Контрольные вопросы</i>	126
Глава 4. ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ В ПАКЕТАХ «МЕТАЛЛ — ПОЛИМЕРНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ»	127
4.1. Типы полимерных композиционных материалов, применяемых в сэндвич-панелях аэрокосмической техники	131
4.2. Методы получения отверстий.....	141
4.3. Метод прокола для получения отверстий в волокнистых композиционных материалах.....	143
4.4. Типы дефектов отверстий в пакетах «ПКМ — металл»	147
4.5. Параметры качества обработанных отверстий	148
4.6. Влияние процесса движения стружки на качество формирования отверстия в многослойных пакетах «ПКМ — металл»	150
4.7. Точность отверстий в пакетах «ПКМ — металл»	152

4.8. Рекомендации по формированию отверстий в ПКМ и слоистых композициях «ПКМ — металл»	155
<i>Контрольные вопросы</i>	158
Заключение	160
Тестовые задания для самоконтроля	161
Приложения	184
Приложение 1	184
Приложение 2	187
Приложение 3	189
Библиографический список	194