

УДК 621.452:621.763:621.9
ББК 39.62
Т38

Авторы:

В.А. Сорокин, Д.А. Ягодников, Л.С. Яновский, В.Л. Страхов,
В.А. Калинин, С.В. Резник, М.А. Тихомиров,
О.В. Мокрецова, Е.А. Стирин, Г.Г. Кобко

Рецензент

зав. лабораторией ИПХФ РАН канд. хим. наук *Д.Б. Лемперт*

Технология производства ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе : учебное пособие / [В. А. Сорокин и др.] ; под ред. В. А. Сорокина, Д. А. Ягодникова. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. — 323, [5] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-5030-5

Изложены основы технологии изготовления ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе (РПДТ). Приведена классификация характеристик режимов работы отдельных агрегатов и РПДТ в целом, а также действующих на них силовых и тепловых нагрузок, обуславливающих выбор функциональных конструктивных материалов. Представлены данные о физико-механических и теплофизических свойствах металлических и композиционных конструктивных материалов, используемых при изготовлении элементов конструкции РПДТ. Рассмотрены основные технологические процессы и операции формообразования деталей, в том числе инновационные, и показаны примеры внедрения в конструирование и технологию изготовления РПДТ систем автоматизированного проектирования.

В учебном пособии использованы материалы научно-исследовательских работ, выполняемых в МГТУ им. Н.Э. Баумана, МАИ, ИПХФ РАН, а также данные зарубежных научных периодических изданий.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров «Авиационная и ракетно-космическая техника», специальности «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» направления подготовки дипломированных специалистов «Двигатели летательных аппаратов», а также для инженеров, работающих в области ракетно-космической техники.

УДК 621.452:621.763:621.9
ББК 39.62

В оформлении обложки использовано фото А.В. Карпенко

ISBN 978-5-7038-5030-5

© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019

Оглавление

Предисловие	3
Список основных сокращений	5
1. Основы технологии изготовления ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе	7
1.1. Конструкция, рабочие процессы и особенности применения ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе	7
1.2. Особенности машиностроительного предприятия и технологических процессов изготовления двигателя	19
1.3. Методика проектирования технологических процессов	26
1.4. Показатели качества конструкции двигателя	29
1.5. Технологичность конструкции двигателя	35
Контрольные вопросы	44
2. Конструкционные материалы для высокоскоростных летательных аппаратов	46
2.1. Конструкционные металлы и сплавы	46
2.2. Композиционные материалы	59
2.3. Теплозащитные материалы, применяемые для композитных корпусов	65
Контрольные вопросы	77
3. Технологии формообразования элементов конструкции ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе	79
3.1. Литье	81
3.2. Пластическое деформирование	83
3.2.1. Холодное и горячее деформирование	83
3.2.2. Особенности литья и деформирования активных металлов ...	93
3.3. Механическая обработка	96
3.3.1. Оборудование и инструментальные материалы	96
3.3.2. Режущие инструменты	110
3.3.3. Технология резания материалов	120
3.3.4. Особенности обработки материалов	126
3.3.5. Пути совершенствования механической обработки	150
3.4. Раскрой и резка заготовок	158
3.5. Особенности проектирования технологического процесса и формообразования деталей из полимерных композиционных материалов	168

3.5.1. Основы технологии формообразования деталей из полимерных композиционных материалов	168
3.5.2. Основы производства теплозащитного покрытия для камеры сгорания двигателя	176
3.6. Особенности вулканизации резиновых смесей, применяемых для композитных корпусов	181
3.7. Особенности изготовления корпусных композитных конструкций методом «мокрой» программированной намотки	186
Контрольные вопросы	196
4. Высокотехнологичные методы формообразования элементов конструкции ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе	197
4.1. Порошковая металлургия	197
4.1.1. Порошковые компоненты	197
4.1.2. Этапы технологического процесса формообразования	210
4.1.3. Особенности конструкций из композиционных материалов на основе углерода	215
4.1.4. Особенности конструкций из порошковых композиционных материалов	227
4.1.5. Гранульная и нанометаллургия	238
4.2. Аддитивные технологии для изготовления элементов конструкции ракетных и реактивных двигателей	241
4.3. Системы автоматизированного проектирования и обработки ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе	249
4.3.1. Применение САПР на стадиях жизненного цикла двигателя	249
4.3.2. Система КОМПАС	251
4.3.3. Система AutoCAD	253
4.3.4. Система SolidWorks	255
4.3.5. Система CATIA	259
Контрольные вопросы	265
5. Основы технологии производства твердого топлива для ракетно-прямоточных двигателей	266
5.1. Основные физико-механические свойства твердого топлива	266
5.1.1. Основные требования, предъявляемые к твердому топливу	266
5.1.2. Компоненты баллиститного (двухосновного) топлива	271
5.1.3. Компоненты смесового топлива	272
5.2. Технология производства твердого топлива	281
5.2.1. Особенности технологических процессов производства баллиститного и смесового топлива	281
5.2.2. Производство баллиститного топлива	282
5.2.3. Производство смесового топлива	286
5.2.4. Производство комбинированного топлива	291
5.2.5. Производство экструдированного смесового топлива	292
5.2.6. Производство топлива, обогащенного горючим	293

5.3. Защитно-крепящий слой и бронирующие покрытия	294
5.3.1. Защитно-крепящий (клеевой) слой	294
5.3.2. Бронепокрытия зарядов	295
5.4. Контроль качества топлива	298
5.4.1. Оборудование для контроля качества	298
5.4.2. Контроль качества производства смесового топлива	303
5.5. Безопасность процессов производства топлива	305
5.5.1. Причины аварий	305
5.5.2. Классификация опасностей	306
5.5.3. Меры безопасности при производстве топлива	308
5.5.4. Общие требования техники безопасности	309
5.6. Структурная целостность заряда топлива	311
5.6.1. Влияние режимных параметров на структурную целостность твердого топлива.....	311
5.6.2. Старение топлива и деградация свойств зарядов	314
5.6.3. Продление назначенных сроков службы твердотопливных и ракетно-прямоточных двигателей	316
Контрольные вопросы	317
Литература	319