



ДЛЯ ВУЗОВ

*С.И. Богодухов, Р.М. Сулейманов,
А.Д. Проскурин*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

2-е издание, перераб. и доп.

Под общей редакцией д-ра техн. наук, проф.
С.И. Богодухова

Допущено Министерством образования и науки Российской Федерации в качестве учебника по образовательным программам высшего образования, обучающихся по направлениям подготовки «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» и «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Москва
«Инновационное машиностроение»
2021

УДК 669+620+621 (075.8)
ББК 34.51 я73
Т 38

Рецензенты:

генеральный директор инженерного центра «Инжиниринг Оренбуржья»,
Заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, проф. *Р.Т. Абдрашитов*;
заведующий кафедрой технологии конструкционных материалов и износостойкости
машин и оборудования РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, д-р техн. наук,
проф. *В.Ф. Пичугин*; генеральный директор ОАО «Оренбургский станкозавод»
И.В. Чаналда

Т38 **Технологические** процессы в машиностроении: учебник для вузов. 2-е изд.,
перераб. и доп. / С.И. Богодухов, Р.М. Сулейманов, А.Д. Проскурин; под
общ. ред. С.И. Богодухова. –М.: Инновационное машиностроение, 2021. –
640 с.: ил.

ISBN 978-5-907104-64-8

Рассмотрены основные свойства и строение конструкционных материалов, технологические методы их производства, общая структура технологического процесса изготовления деталей, современная и перспективная технология получения заготовок из различных конструкционных материалов, технологические процессы обработки заготовок и формирования свойств, а также основы технологии сборки и контроля качества.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки «Технологические машины и оборудование», «Автоматизация технологических процессов и производств», «Машиностроение», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Мехатроника и роботехника».

УДК 669+620+621 (075.8)
ББК 34.51 я73

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**Богодухов Станислав Иванович, Сулейманов Рузалит Масгутович,
Проскурин Александр Дмитриевич**
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Редактор *Д.А. Елисеев*

Дизайнер *В.В. Демкин*

Корректор *С.В. Сидоренко*

Инженеры по компьютерному макетированию: *Н.И. Смольянина, С.А. Жиркина*

Подписано в печать 01.03.2021 г. Формат 70×100 1/16. Бумага офсетная.

Гарнитура Times. Печать офсетная. Усл. печ. л. 52,00. Уч.-изд. л. 54,00.

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение»,

107076, Москва, Колодезный пер., 2А, стр. 2

www.mashin.ru

Отпечатано в типографии ООО «Белый ветер»,

115054, г. Москва, ул. Щипок, д. 28

© ООО «Издательство «Инновационное машиностроение»,
2021
ISBN 978-5-907104-64-8

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов,
опубликованных в данной книге, допускаются только с разрешения издательства и со ссылкой
на источник информации

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	9
Введение	10
Глава 1. Введение в машиностроение	13
1.1. Машина как объект производства	13
1.1.1. Понятие машины и ее служебного назначения.	13
1.1.2. Технические параметры, конструктивные элементы и параметры качества машины	14
1.1.3. Жизненный цикл изделия (машины).	15
1.2. Роль и структура машиностроительного производства	19
1.2.1. Понятие о производственном процессе	19
1.2.2. Машиностроительное предприятие, типы и виды производства.	22
1.2.3. Понятие о технологическом процессе	25
1.2.4. Структура технологического процесса изготовления изделия	27
1.2.5. Средства технологического оснащения производства	30
Вопросы для самопроверки	31
Глава 2. Конструкционные материалы в машиностроении и их производство	33
2.1. Классификация, основные свойства и строение конструк- ционных материалов	33
2.1.1. Материалы, применяемые в машиностроении	33
2.1.2. Понятие об атомно-кристаллическом строении металлов и сплавов	35
2.1.3. Основные свойства конструкционных материалов	38
2.1.4. Деформация и рекристаллизация металлов	43
2.1.5. Диаграммы состояния.	47
2.1.6. Железоуглеродистые сплавы	49
2.1.7. Легированные стали	64
2.1.8. Термическая обработка сталей	71
2.1.9. Инструментальные стали.	79
2.1.10. Химико-термическая обработка сталей	84
2.1.11. Медь и медные сплавы	87
2.1.12. Алюминий и алюминиевые сплавы	92
2.1.13. Металлы и сплавы с особыми свойствами и электро- технические материалы	99
2.1.14. Неметаллические и композиционные материалы	102
2.1.15. Наноматериалы и нанотехнологии	109
2.2. Основы производства конструкционных материалов	113
2.2.1. Общая характеристика металлургических процессов	113
2.2.2. Получение чугуна	116

2.2.3. Получение стали	121
2.2.4. Получение меди	128
2.2.5. Получение алюминия	129
2.2.6. Получение магния	131
2.2.7. Получение титана	132
2.2.8. Понятие о методах изготовления порошковых, неметаллических и композиционных материалов	134
Вопросы для самопроверки	135
Глава 3. Общая структура технологического процесса изготовления деталей	
3.1. Деталь как структурная единица изделия	137
3.1.1. Точность изготовления деталей машин	137
3.1.2. Качество поверхностного слоя деталей машин	140
3.1.3. Содержание и последовательность этапов изготовления деталей	144
3.2. Заготовки деталей машин	147
3.2.1. Классификация заготовок и обзор способов их получения	147
3.2.2. Основы методологии выбора заготовок	150
3.2.3. Алгоритмизация проектирования заготовок, разработка и оформление графических документов на них	156
Вопросы для самопроверки	162
Глава 4. Технология получения заготовок из металлических конструкционных материалов	
4.1. Получение заготовок литьем	163
4.1.1. Общая характеристика литейного производства	163
4.1.2. Литейные сплавы	169
4.1.3. Литье в разовые песчаные формы	189
4.1.4. Литье в оболочковые формы	192
4.1.5. Литье по выплавляемым моделям	194
4.1.6. Литье в кокиль	196
4.1.7. Литье под давлением	198
4.1.8. Центробежное литье	199
4.1.9. Специальные способы литья	200
4.1.10. Технологичность конструкции литых деталей	206
4.1.11. Технический контроль в литейном производстве	207
4.1.12. Автоматизация и механизация литейного производства	211
4.1.13. Технологии послойного прототипирования для изготовления моделей	213
4.1.14. Безопасность и экологичность литейного производства	214
4.2. Получение заготовок обработкой давлением	215
4.2.1. Общая характеристика обработки давлением	215

4.2.2. Физические основы процессов пластического деформирования материалов	216
4.2.3. Получение машиностроительных профилей	220
4.2.4. Получение фасонных объемных заготовок	229
4.2.5. Получение заготовок и изделий из листового и фасонного проката	245
4.3. Получение сварных заготовок	268
4.3.1. Физические основы и классификация процессов сварки	268
4.3.2. Сварные соединения и швы	270
4.3.3. Основы электрической дуговой сварки	275
4.3.4. Источники питания сварочной дуги	278
4.3.5. Ручная дуговая сварка	282
4.3.6. Дуговая сварка под флюсом	286
4.3.7. Саморегулирование дуги при автоматической сварке	290
4.3.8. Дуговая сварка в защитных газах	291
4.3.9. Электрошлаковая сварка	299
4.3.10. Газовая сварка металлов	300
4.3.11. Электронно-лучевая сварка	303
4.3.12. Лазерная сварка	304
4.3.13. Плазменная сварка	305
4.3.14. Контактная сварка	306
4.3.15. Пайка материалов	308
4.3.16. Наплавка	311
4.3.17. Резка металлов и сплавов	324
4.3.18. Контроль качества сварных заготовок	328
4.4. Комбинированные способы получения заготовок сваркой	332
4.5. Групповая технология производства заготовок	338
Вопросы для самопроверки	340
Глава 5. Технология получения заготовок и изделий из порошковых, неметаллических и композиционных материалов	342
5.1. Основы порошковой металлургии	342
5.1.1. Способы получения и технологические свойства порошков	342
5.1.2. Краткая характеристика порошковых материалов	347
5.1.3. Основы получения и обработки заготовок	352
5.1.4. Технологические требования к конструкции деталей из порошковых материалов	359
5.2. Основы технологии получения деталей из пластмасс	367
5.2.1. Классификация и технологические свойства пластмасс	367
5.2.2. Способы формообразования деталей	386
5.2.3. Технологические требования к конструкции пластмассовых деталей	389
5.3. Основы технологии изготовления резиновых технических деталей	391
5.3.1. Состав, свойства и применение резиновых деталей	391
5.3.2. Способы формообразования резиновых деталей	396

5.4. Основы технологии изготовления деталей из композиционных материалов	401
5.4.1. Общая характеристика композиционных материалов и их компонентов	401
5.4.2. Способы получения заготовок	409
Вопросы для самопроверки	410
Глава 6. Технологические процессы обработки металлических заготовок резанием	412
6.1. Основные сведения о допусках и посадках, точности изготовления деталей и технических измерениях	412
6.2. Основные сведения о процессах резания металлов	420
6.3. Обработка заготовок на станках токарной группы	433
6.4. Обработка отверстий на сверлильных станках	444
6.5. Обработка на горизонтально-расточных станках	454
6.6. Обработка заготовок на координатно-расточных станках	460
6.7. Обработка на фрезерных станках	462
6.8. Стругание и долбление	467
6.9. Обработка заготовок протяжкой и прошивкой	469
6.10. Методы формообразования резьбовых поверхностей	472
6.11. Обработка заготовок на шлифовальных станках	476
6.12. Обработка на станках с числовым программным управлением (ЧПУ)	485
6.13. Материалы для изготовления режущего инструмента	490
Вопросы для самопроверки	494
Глава 7. Основы физико-химических методов размерной обработки и формирование заданных свойств поверхностного слоя	496
7.1. Основы химической и физико-химической обработки	496
7.1.1. Классификация, сущность и область применения методов химической и физико-химической обработки	496
7.1.2. Химическая обработка	497
7.1.3. Электрохимическая и электрофизическая обработка	500
7.1.4. Анодно-механическая обработка	506
7.1.5. Ультразвуковая обработка	507
7.1.6. Лучевые методы обработки	511
7.1.7. Плазменная обработка	514
7.2. Формирование свойств поверхностных слоев деталей	516
7.2.1. Отделочная обработка поверхностей	516
7.2.2. Обработка поверхностей пластическим деформированием	532
7.2.3. Термическая обработка	536
7.2.4. Электромеханическая обработка	540
7.2.5. Лазерная поверхностная обработка	543

7.2.6. Нанесение различных покрытий	544
7.2.7. Коррозия металлов и способы защиты от нее	546
7.2.8. Методика контроля качества упрочненных поверхностей	549
7.2.9. Износостойкость	555
Вопросы для самопроверки	557
Глава 8. Элементарные основы технологии сборки, контроля качества, проведения испытаний и технологической подготовки производства изделий машиностроения	558
8.1. Основы технологии сборочных работ	558
8.1.1. Особенности технологического процесса сборки	558
8.1.2. Типы соединений, виды и технологические схемы сборки	559
8.1.3. Точность сборки	561
8.1.4. Автоматизация сборочных работ	564
8.1.5. Оборудование сборочных цехов	565
8.2. Типовые технологические процессы сборки	567
8.2.1. Резьбовые, цилиндрические и конические соединения . . .	567
8.2.2. Шпоночные и зубчатые (шлицевые) соединения	572
8.2.3. Соединения с гарантированным натягом	574
8.2.4. Клепаные, сварные, паяные и клеевые соединения	575
8.2.5. Сборочные единицы с подшипниками и зубчатые передачи	578
8.2.6. Уравновешивание (балансировка) деталей и сборочных единиц	582
8.3. Контроль качества и испытание изделий машиностроения	585
8.3.1. Контролируемые параметры	585
8.3.2. Виды контроля	586
8.3.3. Контроль сборки и испытания изделий	587
8.4. Основы технологической подготовки производства изделий	588
Вопросы для самопроверки	596
Глава 9. Общая характеристика систем автоматизированного проектирования технологических процессов заготовительного производства	597
9.1. Автоматизация решения задач технологического проектирования	597
9.2. Классификация систем автоматизированного проектирования технологических процессов литейного производства	599
9.3. Системы моделирования литейных процессов	599
9.4. Автоматизация выбора способа литья и компьютеризация обработки технологичности конструкции отливки	602
9.5. Автоматизированное проектирование систем питания отливок . . .	604
9.6. Автоматизированное проектирование технологических процессов литья с применением метода распознавания	606
9.7. Автоматизированное проектирование графических документов технологических процессов литья	607

9.8. Автоматизация проектирования технологических процессов производства кованных и штампованных заготовок	609
9.8.1. САПР процессов объемной штамповки	609
9.8.2. Система автоматизированного проектирования технологииковки ступенчатых валов	614
9.8.3. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства на базе программных продуктов T-FLEX	618
Вопросы для самопроверки	621
Список литературы	622
ПРИЛОЖЕНИЯ	624
П1. Термины и определения	624
П2. Прайс-лист на металлопрокат	635
П3. Пример оформления технологических документов	638

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник написан в соответствии с рекомендованной Минобрнауки России программой общепрофессиональной дисциплины «Технологические процессы в машиностроении», относящейся к базовой части программ бакалавриата, разработанных в соответствии с требованиями ФГОС ВО для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» и «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Цель изучения дисциплины – сформировать у обучающихся систему знаний о структуре технологических процессов современного машиностроительного производства и этапах жизненного цикла выпускаемых изделий.

Задачи изучения дисциплины – научить обучающихся анализу и синтезу последовательности и содержания всех этапов жизненного цикла изделий машиностроения, основам разработки этапов технологических процессов их изготовления.

Дисциплина занимает важное место в формировании технологической подготовки и профессиональных компетенций выпускников. Ее глубокое изучение обеспечивает успешное вхождение в их профессиональную деятельность.

Учебник соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования, отвечает структуре и содержанию учебных изданий.

Принцип построения материала системно отражает научные достижения в совершенствовании технологических процессов производства и обработки машиностроительных заготовок, позволяет закреплять изученный материал и обеспечивает все необходимые условия для самостоятельной работы обучающихся.

Представлены основные этапы получения и обработки материалов, изготовления деталей машин и сборки узлов и агрегатов. Раскрыта физическая сущность и дано описание технологических процессов металлургического производства, получения отливок, обработки металлов давлением, сваркой, резанием и другими методами. По каждому технологическому методу даны режимы обработки, применяемые материалы, оборудование, отмечены достоинства и недостатки, области применения.

Учебник подготовлен коллективом авторов: д-ром техн. наук, проф. С.И. Богодуховым; канд. техн. наук, доц. Р.М. Сулеймановым; канд. техн. наук, доц. А.Д. Проскуриным.

Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры материаловедения и технологии материалов Оренбургского государственного университета Г.П. Васильевой, Л.И. Борисовой, Р.С. Ишмухамбетовой, М.С. Лейзерзону, А.В. Малаеву, В.И. Рудакову, Ю.С. Синегинной, Л.В. Хасановой, Б.М. Шейнину за помощь в подготовке и оформлении данного учебника.