

А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, П.А. Линчевский,
В.П. Ларшин, Е.В. Грисенко, А.А. Якимов,
А.В. Фадеев, Г.В. Новиков

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ



2012 г.

ББК 34.4я73
Я 453
УДК 621 (0075.8)

В учебнике изложены основные понятия технологии машиностроения, принципы проектирования технологических процессов и технология сборки. Освещены вопросы точности, качества поверхностного слоя, базы и оптимизации технологических процессов. Приведены типовые технологические процессы изготовления, ремонта и восстановления деталей.

Учебник предназначен для студентов машиностроительных специальностей высших учебных заведений

Ил. 391, табл. 84, библиогр. 92 наим.

У підручнику викладені основні поняття технології машинобудування, принципи проектування технологічних процесів і технологія складання. Освітлено питання точності, якості поверхневого шару, бази й оптимізації технологічних процесів. Наведено типові технологічні процеси виготовлення, ремонту й відновлення деталей.

Підручник призначений для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів

Іл. 391, табл. 84, бібліогр. 92 найм.

Авторы:

А.В. Якимов (Предисловие, Приложения, главы 1, 2, 3, 4, 8, 9, 13, список литературы), *Ф.В. Новиков* (главы 2, 7, 10, 11), *П.А. Линчевский* (главы 9, 11, 12), *В.П. Ларшин* (главы 9, 11, 12), *Е.В. Грисенко* (главы 11, 12), *А.А. Якимов* (Введение, главы 2, 5, 6, 7, 8, 10), *А.В. Фадеев* (главы 4, 10), *Г.В. Новиков* (главы 3, 8, 10)

Рецензенты:

Кафедра приборостроения Луцкого национального технического университета, зав. кафедрой, докт. техн. наук, проф. **В.И. Марчук**;

Кафедра технологии машиностроения Пермского государственного технического университета, докт. техн. наук, проф. **В.И. Свиричев**

284732

Якимов А.В. и др.

М 33 Технология машиностроения: Учебник / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, П.А. Линчевский, В.П. Ларшин, Е.В. Грисенко, А.А. Якимов, А.В. Фадеев, Г.В. Новиков. — Одесса: ОНПУ, 2012. — 693 с.

ISBN 966-7565-05-4

А.В. Якимов, Ф.В. Новиков,
П.А. Линчевский, В.П. Ларшин,
Е.В. Грисенко, А.А. Якимов,
А.В. Фадеев, Г.В. Новиков, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Введение.....	5
Глава 1. Объект производства, способы получения заготовок и виды технологических процессов.....	10
1.1. Основные понятия и определения.....	10
1.2. Виды операций и этапы технологического процесса.....	13
1.3. Выбор заготовок и способы их получения.....	14
1.4. Припуски на обработку.....	17
1.5. Виды производств.....	23
1.6. Объект производства машиностроительного завода.....	31
1.7. Виды технологических процессов.....	33
1.7.1. Типизация технологических процессов.....	33
1.7.2. Групповой технологический процесс.....	35
1.7.3. Общие принципы построения единичных технологических процессов.....	37
Глава 2. Точность обработки.....	43
2.1. Общий подход к анализу точности обработки....	43
2.2. Влияние износа режущего инструмента на точность обработки.....	45
2.3. Методы определения жесткости станков.....	51
2.4. Расчет упругих перемещений в технологической системе.....	56
2.5. Упругие перемещения при абразивной обработке	64
2.6. Влияние динамики процесса резания на точность обработки.....	70
2.7. Формирование точности обработки.....	76
2.8. Влияние химико-термической обработки на точность деталей.....	81
2.9. Управление точностью процесса обработки.....	84

2.10.	Определение точности изготовления деталей методом математической статистики.....	92
2.10.1.	Закон нормального распределения (закон Гауса).....	96
2.10.2.	Закон равнобедренного треугольника (закон Симпсона).....	98
2.10.3.	Закон эксцентриситета (закон Релея).....	98
2.10.4.	Закон равной вероятности.....	99
2.10.5.	Композиции законов распределения и суммирование погрешностей.....	100
2.11.	Практическое применение законов распределения размеров для анализа точности обработки...	103
2.11.1.	Установление надежности обработки заготовок без брака.....	103
2.11.2.	Определение количества вероятного процента бракованных деталей.....	104
2.11.3.	Определение количества заготовок, требующих дополнительной обработки.....	108
2.11.4.	Статистическое регулирование технологического процесса.....	109
2.12.	Методы настройки станков и обеспечение точности механической обработки.....	111
Глава 3.	Базирование и базы в машиностроении.....	118
3.1.	Базирование и закрепление заготовок.....	118
3.2.	Виды баз.....	123
3.3.	Принцип совмещения баз.....	126
3.3.1.	Общие понятия о совмещении баз.....	126
3.3.2.	Влияние принципа совмещения баз на последовательность обработки поверхностей.....	129
3.4.	Принцип постоянства баз.....	132
Глава 4.	Технологические размерные цепи.....	140
4.1.	Расчеты размерных цепей.....	140
4.2.	Размерный анализ технологических процессов..	149
4.3.	Определение диаметральных операционных размеров вала с помощью графов.....	155

4.4.	Обоснование маршрута и размерный анализ технологического процесса корпусной детали...	156
Глава 5.	Качество обрабатываемой поверхности.....	160
5.1.	Общие сведения о формировании и строении поверхностного слоя деталей.....	160
5.2.	Стандартизация шероховатости поверхности.....	162
5.3.	Приборы для измерения шероховатости поверхности.....	167
5.4.	Причины образования шероховатостей на обработанной поверхности.....	169
5.5.	Причины возникновения шлифовочных трещин.....	172
5.6.	Влияние химического состава плавки на возникновение шлифовочных трещин.....	175
5.7.	Влияние процесса обработки на физико-механическое состояние поверхностного слоя деталей.....	176
5.8.	Термомеханические процессы, протекающие в поверхностном слое деталей при алмазно-абразивной обработке.....	180
5.8.1.	Постановка тепловых задач.....	182
5.9.	Влияние качества поверхностного слоя на эксплуатационные характеристики деталей машин.....	190
5.9.1.	Влияние качества поверхности на износостойкость трущихся поверхностей.....	190
5.9.2.	Влияние качества поверхности на прочность и коррозионную стойкость деталей.....	193
5.10.	Конструкторско-технологическая стабилизация качества поверхностного слоя.....	195
5.10.1.	О механизме структурных превращений при шлифовании.....	195
5.10.2.	Влияние неравномерности распределения припуска на качество поверхностного слоя.....	198
5.10.3.	Влияние параметров термических циклов на качественные характеристики поверхностного слоя деталей.....	205

5.11.	Методы обеспечения качества поверхностного слоя деталей.....	208
5.11.1.	Сущность процесса прерывистого шлифования.....	208
5.11.2.	Эффективность процесса прерывистого шлифования.....	210
5.11.3.	Режущая способность прерывистых кругов.....	216
5.11.4.	Методика расчета геометрических параметров прерывистых кругов.....	218
5.11.5.	Условия возникновения параметрического резонанса и определение областей неустойчивости работы упругой системы станка 3Г71.....	222
5.12.	Обеспечение динамической стабилизации параметров процесса обработки деталей.....	227
5.12.1.	Проблема обеспечения динамической стабильности параметров процесса шлифования.....	227
5.12.2.	Влияние контактных явлений на динамическую неустойчивость процесса шлифования.....	231
5.12.3.	Конструкторско-технологическая стабилизация динамики взаимодействия инструмента с деталью и ее влияние на параметры процесса.....	239
5.12.4.	Способы формирования регулярного макрорельефа на рабочей поверхности шлифовального круга.....	244
5.12.5.	Динамика изменения температуры при шлифовании винтовыми прерывистыми кругами.....	248
Глава 6.	Технологическое обеспечение качества изделия....	254
6.1.	Качество продукции.....	254
6.2.	Работоспособность и надежность машин.....	255
6.3.	Причины, вызывающие преждевременный выход из строя деталей машин	259
6.4.	Связь геометрических параметров обрабатываемой поверхности с эксплуатационными свойствами деталей машин.....	261
6.5.	Физика отказов.....	265
6.6.	Надежность технологического процесса изготовления машин.....	269

6.7.	Оптимальное распределение припуска по проходам	272
6.8.	Выбор и обоснование условий обработки, обеспечивающих стабилизацию напряженности поверхностного слоя материала	285
6.9.	Влияние термической обработки на физико-механические свойства материала деталей машин.....	287
6.10.	Химико-термическая обработка в структуре технологического процесса.....	291
6.10.1.	Цементация.....	292
6.10.2.	Азотирование.....	292
6.10.3.	Цианирование.....	293
6.11.	Химическая обработка поверхностей деталей....	294
6.12.	Технологические способы повышения износостойкости деталей.....	296
6.13.	Технологические методы обеспечения оптимальных параметров поверхностного слоя с учетом условий эксплуатации.....	298
6.13.1.	Деформационное упрочнение поверхностного слоя.....	299
6.13.2.	Поверхностно-термическая обработка.....	301
6.13.3.	Диффузионные покрытия.....	302
6.13.4.	Покрывтие напылением.....	303
Глава 7.	Оптимизация технологических процессов.....	306
7.1.	Общие положения.....	306
7.2.	Составление модели объекта и алгоритма оптимизации.....	310
7.3.	Поиск оптимальных технологических решений в условиях неопределенности.....	313
7.4.	Оптимизация технологических параметров с использованием геометрического программирования.....	319
7.5.	Оптимизация технологических параметров с использованием функции Лагранжа.....	322
7.6.	Нахождение экстремума функции.....	324

7.7.	Применение метода линейного программирования для решения технологических задач	326
7.7.1.	Оптимизация технологической себестоимости изготовления масляного бака	326
7.8.	Оптимизация загрузки металлорежущих станков ..	330
7.9.	Оптимизация затрат на перевозку заготовок	333
7.10.	Оптимизация режимов механической обработки ...	335
7.11.	Научный подход к выбору оптимальных способов обработки	336
7.12.	Оптимизация условий применения автоматизированного оборудования	338
Глава 8. Производительность и экономичность технологических процессов		342
8.1.	Эффективность станков с ЧПУ и гибких производственных систем (ГПС)	342
8.2.	Структура нормы времени	346
8.3.	Особенности нормирования многоинструментальной обработки	351
8.4.	Технологическая себестоимость	352
8.5.	Экономическое сравнение вариантов технологических процессов	354
Глава 9. Технологичность конструкции машины		360
9.1.	Общие понятия о технологичности конструкции изделия	360
9.2.	Требования к конструкциям деталей и заготовок ..	361
9.2.1.	Технологичность как экономическая целесообразность	362
9.2.2.	Технологичность механически обрабатываемых деталей	365
9.2.3.	Технологичность литых деталей	368
9.2.4.	Технологичность сборочных соединений	370
9.2.5.	Технологичность сварных соединений	372
9.2.6.	Ремонтная технологичность соединенных деталей ..	373
9.2.7.	Технологичность и эргономика	375
9.3.	Расчет показателей технологичности изделий ...	377

Глава 10. Методы обработки поверхностей деталей машин .. 382

10.1.	Обработка наружных поверхностей тел вращения ...	382
10.2.	Методы обработки отверстий	390
10.2.1.	Виды отверстий и методы их обработки	390
10.2.2.	Обработка отверстий лезвийным инструментом	391
10.2.3.	Обработка отверстий абразивными инструментами ..	395
10.2.4.	Шлифование отверстий с планетарным движением шпинделя	397
10.2.5.	Хонингование отверстий	398
10.2.6.	Притирка (доводка) отверстий	399
10.3.	Методы обработки резьб	399
10.3.1.	Нарезание резьб резцами и гребенками	400
10.3.2.	Нарезание резьбы метчиками, плашками и резьбонарезными головками	402
10.3.3.	Фрезерование резьбы	403
10.3.4.	Накатывание резьбы	404
10.3.5.	Шлифование резьбы	407
10.4.	Методы обработки зубьев зубчатых колес	407
10.4.1.	Обработка цилиндрических зубчатых колес	408
10.4.2.	Обработка червячных зубчатых колес	414
10.4.3.	Обработка конических зубчатых колес	415
10.4.4.	Обработка червяков	416
10.4.5.	Методы чистовой обработки зубчатых колес	418
10.4.6.	Влияние степени точности зубчатых колес на трудоемкость их изготовления	426
10.5.	Физико-химические методы обработки поверхностей ..	426
10.5.1.	Электроискровая обработка	427
10.5.2.	Анодно-механическая обработка	428
10.5.3.	Электрохимическая размерная обработка	429
10.5.4.	Электроабразивная обработка	432
10.5.5.	Ультразвуковая обработка	434

Глава 11. Типовые технологические процессы 436

11.1.	Технология изготовления корпусных деталей	436
11.1.1.	Обработка заготовок деталей типа станин	443
11.1.2.	Влияние конструктивно-технологической модификации элементов станков на точность	

обработки деталей	447
11.1.3. Коррекция систематических погрешностей	450
11.1.4. Анализ проблем повышения точности обработки	
11.2. Технология изготовления валов	454
11.2.1. Общая характеристика валов и требования к их изготовлению	454
11.2.2. Материалы и заготовки валов	459
11.2.3. Основные схемы базирования	461
11.2.4. Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей	463
11.2.4.1. Методы предварительной обработки наружных цилиндрических поверхностей	464
11.2.4.2. Методы чистовой обработки наружных цилиндрических поверхностей	471
11.2.4.3. Методы повышения качества поверхностного слоя деталей	475
11.2.5. Обработка на валах элементов типовых сопряжений ..	482
11.2.5.1. Обработка на валах шпоночных пазов	482
11.2.5.2. Обработка шлицев на валах	485
11.2.5.3. Обработка на валах резьбовых поверхностей	491
11.2.6. Типовые маршруты изготовления валов	499
11.2.6.1. Пример типового маршрута изготовления ступенчатых шлицевых валов	502
11.2.6.2. Механическая обработка шпинделей	505
11.3. Технология изготовления деталей класса “полые цилиндры”	509
11.3.1. Общая характеристика технологии	509
11.3.2. Методы обработки отверстий	512
11.3.3. Типовой маршрут изготовления втулки	522
11.3.4. Технология изготовления деталей класса “диски”	524
11.3.5. Примеры типовых маршрутов изготовления втулки и втулки с фланцем	527
11.4. Технология изготовления цилиндрических зубчатых колес	533
11.4.1. Служебное назначение зубчатых колес	533
11.4.2. Материал и термическая обработка	535
11.4.3. Выбор баз и технологический маршрут обработки зубчатого колеса	537
11.5. Технология изготовления деталей класса	

“некруглые стержни”	544
11.5.1. Общая характеристика технологии	544
11.5.2. Типовые технологии изготовления деталей класса “некруглые стержни”	547
11.5.3. Автоматизация изготовления деталей класса “некруглые стержни”	551
11.5.4. Перспективы развития процессов обработки деталей класса “некруглые стержни”	553
11.6. Технология изготовления специальных деталей ..	553
11.6.1. Общая характеристика технологии изготовления коленчатых валов	553
11.6.2. Последовательность обработки коленчатых валов и применяемое оборудование	556
11.6.3. Автоматизация обработки коленчатых валов	561
Глава 12. Восстановление и ремонт деталей	571
12.1. Технологические процессы и оборудование для восстановления деталей	571
12.1.1. Технологические способы восстановления деталей ...	571
12.1.2. Способы наращивания восстанавливаемых деталей ...	579
12.1.2.1. Основные виды наплавки восстанавливаемых деталей	579
12.1.2.2. Способы восстановления деталей сваркой давлением	587
12.1.2.3. Способы восстановления деталей электро- литическими покрытиями, синтетическими материалами и с помощью пайки	592
12.1.3. Маршрутная технология и поточно-механизиро- ванные линии восстановления деталей	602
12.2. Ремонт двигателя	608
12.3. Ремонт сборочных единиц и восстановление деталей основных систем двигателей	620
Глава 13. Технология сборки	632
13.1. Значение сборочных процессов в машиностроении ...	632
13.2. Организационные формы сборки в машиностроении ...	634
13.3. Методы сборки в машиностроении	638
13.4. Структура и содержание технологического	

процесса сборки	650
13.5. Сборка типовых сборочных единиц	655
13.5.1. Сборка неподвижных разъемных соединений	655
13.5.2. Сборка узлов с подшипниками качения	666
Литература	669
Приложения	676