

My dear son /
October Back to Africa !
By the way please bring Rosewell
Carrington & money and we
will start you !

Stephen

С.Д. Кугультинов, А.К. Ковальчук,
И.И. Портнов

Технология обработки конструкционных материалов

*Допущено Учебно-методическим объединением
по университетскому политехническому образованию
в качестве учебника для студентов высших
учебных заведений, обучающихся
по машиностроительным специальностям*

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2006

УДК 621.9:620.2(075.8)

ББК 34.63:30.3

К88

Рецензенты: проф. В.А. Горелов; кафедра «Технология машиностроения» Пермского государственного технического университета (проф. В.Ф. Макаров)

Кугультинов С.Д., Ковальчук А.К., Портнов И.И.

К88 Технология обработки конструкционных материалов: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 672 с.: ил.

ISBN 5-7038-2795-7

Изложены основные положения теории резания конструкционных материалов, приведены рекомендации по механической обработке резанием современных материалов, предложены способы повышения надежности режущего инструмента, включая мелкоразмерный. Рассмотрены методы обработки конструкционных материалов в зависимости от видов обрабатываемых поверхностей. Значительное внимание уделено прогрессивным методам обработки: вибрационному и сверхскоростному резанию, электрофизическим и комбинированным методам и т. д. Предложена методика автоматизированного выбора методов обработки поверхностей.

Содержание учебника соответствует курсу лекций, который авторы читают в МГТУ им. Н.Э. Баумана и Ижевском государственном техническом университете. Приведенные в книге материалы могут быть полезны слушателям Межотраслевого института повышения квалификации кадров по новым направлениям развития техники и технологии МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов машиностроительных специальностей вузов. Будет полезен инженерно-техническим работникам, специализирующимся в области обработки конструкционных материалов.

УДК 621.9:620.2(075.8)

ББК 34.63:30.3

ISBN 5-7038-2795-7

© С.Д. Кугультинов, А.К. Ковальчук,
И.И. Портнов, 2006

© Оформление. Издательство МГТУ
им. Н.Э. Баумана, 2006

Предисловие

Курс «Технология обработки конструкционных материалов» является составной частью технологии машиностроения, которая представляет собой науку о технологических процессах производства машин и является важной составляющей при изучении студентами машиностроительных специальностей большинства специальных курсов, а также при выполнении ими курсовых и дипломных проектов. Изучение этого курса базируется на знании таких дисциплин, как «Теоретическая механика», «Технология конструкционных материалов», «Материаловедение», «Сопротивление материалов», «Теплотехника», а также «Теоретические основы технологии».

Обработка резанием является основным технологическим способом придания деталям окончательной формы и размеров и, несмотря на современные тенденции к более широкому использованию безотходных технологий, еще долго будет оставаться ведущим технологическим способом изготовления деталей машин, особенно при получении поверхностей малых размеров. Такому положению вещей способствует высокая производительность и точность обработки, широкая универсальность и гибкость процесса, что обеспечивает преимущество обработки резанием перед другими способами формообразования. Это особенно существенно для современного машиностроения, требующего высокой степени гибкости и мобильности, а также характеризующегося широким использованием гибких производственных систем и систем автоматизации технологического проектирования. Поэтому основное внимание в данной книге будет уделено изучению процессов обработки металлов резанием. Причем, учитывая современную тенденцию все более широкого использования материалов с особыми физико-механическими свойствами (высокопрочные, коррозионностойкие, жаропрочные и жаростойкие стали и сплавы, тугоплавкие и немагнитные металлы и т. п.) для обеспечения высоких потребительских и эксплуатационных показателей изделий, большое

внимание в учебнике уделено прогрессивным технологическим методам формообразования деталей машин.

При обработке резанием можно использовать различные способы воздействия на материал удаляемого слоя: механические, химические, электрические, тепловые, комбинированные. Наиболее распространенной является механическая обработка материалов резанием, заключающаяся в получении новых поверхностей в результате создания такой деформации срезаемого слоя, которая приводит к разрушению материала в определенной области. Необходимый уровень деформации обеспечивают с помощью режущего инструмента, от рациональной конструкции и геометрии которого во многом зависят не только производительность и себестоимость обработки, но и ее качество. Механическая обработка резанием представляет собой наиболее исследованный и вместе с тем универсальный способ. В большинстве отраслей промышленности ее доля доходит до 90...95 % от всех выполняемых операций по обработке поверхностей деталей машин. В то же время, учитывая, что при обработке материалов, особенно труднообрабатываемых, все большее применение находят электрохимические, электрофизические и комбинированные методы обработки, в данном учебнике им посвящен специальный раздел, который органично связан с дисциплинами, изучающими различные аспекты проектирования технологических процессов.

Изучение материалов, изложенных в разделе «Методы обработки поверхностей», является важной частью подготовки современного инженера, так как промышленное производство бурно развивается не только в плане использования, но и применения все более прогрессивных методов обработки, обеспечивающих снижение трудоемкости изготовления и повышение эксплуатационных характеристик современных машин.

Многолетняя практика показывает, что в современном машиностроении не существует универсальных методов, пригодных для обработки различных материалов в любых условиях. Каждый метод имеет свою область наиболее рационального использования. Выбор того или иного метода обработки обусловлен, с одной стороны, требованиями, предъявляемыми к точности и качеству обработанных поверхностей, а с другой – сочетанием производительности и себестоимости обработки. Поэтому практическими задачами изучения курса «Технология обработки конструкционных

материалов» являются умение правильно выбрать наиболее рациональный для конкретных производственных условий метод обработки и грамотно подойти к назначению режимов обработки, обеспечивая ее максимальную эффективность.

Авторы выражают глубокую благодарность заведующему кафедрой «Производство летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении» СГАУ чл.-кор. РАН В.А. Барвинку, заведующему кафедрой «Технология приборостроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана д-ру техн. наук, проф. В.Д. Шашурину за экспертную оценку рукописи, а также коллективу кафедры «Технология машиностроения» Пермского государственного технического университета и заместителю главного технолога ФГУП МИПП «Салют» проф. В.А. Горелову за большую работу по ее рецензированию.

Авторы выражают благодарность редактору издательства МГТУ им. Н.Э. Баумана Е.Н. Ставицкой за помощь при работе над книгой.

Все замечания и пожелания читателей, направленные на улучшение книги, будут восприняты авторами с благодарностью и пониманием.

Оглавление

Предисловие	3
Введение	6

РАЗДЕЛ I

ОСНОВЫ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

Г л а в а 1. Основные понятия и определения	9
1.1. Кинематика резания	10
1.2. Режимы резания и параметры поперечного срезаемого слоя	12
1.3. Геометрические параметры режущей части резца	15
1.4. Рабочие углы резца	18
Г л а в а 2. Инструментальные материалы	22
2.1. Требования, предъявляемые к инструментальным материалам	22
2.2. Углеродистые и низколегированные инструментальные стали	24
2.3. Быстрорежущие инструментальные стали	26
2.4. Твердые сплавы	31
2.5. Минералокерамика	36
2.6. Сверхтвёрдые инструментальные материалы	37
2.7. Абразивные инструментальные материалы	40
Г л а в а 3. Физические основы процесса резания	46
3.1. Стружкообразование в процессе резания	46
3.1.1. Зона стружкообразования	46
3.1.2. Типы стружек	48
3.1.3. Усадка стружки	51
3.1.4. Способы дробления стружки	53
3.2. Механика процесса резания	58
3.2.1. Схема процесса стружкообразования	59
3.2.2. Упругая и пластическая деформации	63
3.2.3. Наростообразование	72
3.2.4. Определение силы резания	77
3.2.5. Факторы, влияющие на силу резания	83
3.2.6. Мощность и работа резания	90
3.3. Тепловые явления при обработке резанием	92
3.3.1. Источники образования теплоты и ее распределение	92
3.3.2. Температура резания	97
3.3.3. Факторы, влияющие на температуру резания	105
3.4. Влияние обработки резанием на качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин	109
3.4.1. Качество поверхности	109
3.4.2. Состояние поверхностного слоя	114

3.4.3. Влияние обработки резанием на состояние поверхностного слоя	118
3.4.4. Влияние обработки резанием на эксплуатационные свойства деталей машин	120
3.4.5. Достижение заданного качества поверхности	125
Г л а в а 4. Изнашивание и стойкость режущего инструмента	127
4.1. Физические основы изнашивания	128
4.2. Признаки и параметры изнашивания	139
4.3. Стойкость режущего инструмента	144
4.4. Обрабатываемость материалов резанием и методы ее определения	159
4.5. Назначение рациональных режимов резания	177
Г л а в а 5. Повышение стойкости режущего инструмента	187
5.1. Конструкторско-технологические методы повышения стойкости режущего инструмента	187
5.2. Способы упрочнения режущей части инструмента	196
5.2.1. Химико-термическая обработка	196
5.2.2. Износостойкие покрытия	199
5.2.3. Антифрикционные покрытия	204
5.2.4. Гальваническое упрочнение	205
5.2.5. Физические способы упрочнения	205
5.2.6. Механическое упрочнение	206
5.3. Эксплуатационные методы повышения стойкости режущего инструмента	207
5.3.1. Физико-химическое действие технологических сред	208
5.3.2. Смазочно-охлаждающие жидкости	217
5.3.3. Газовые среды и твердые смазки	227
Г л а в а 6. Стойкость мелкоразмерного режущего инструмента	233
6.1. Пути совершенствования обработки мелкоразмерных поверхностей	234
6.2. Улучшение физико-механических свойств и структуры инструментального материала	239
6.3. Выбор рациональной конструкции и геометрии мелкоразмерного инструмента	246
6.4. Рекомендации по повышению стойкости мелкоразмерного инструмента	255
РАЗДЕЛ II	
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ	
Г л а в а 7. Виды поверхностей и классификация методов их обработки	266
7.1. Основные понятия	266
7.2. Виды обрабатываемых поверхностей	268
7.3. Классификация методов обработки поверхностей	274

Глava 8. Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей	277
8.1. Формообразующие методы обработки давлением наружных цилиндрических поверхностей	277
8.1.1. Радиальное обжатие	277
8.1.2. Поперечно-клиновая прокатка	285
8.1.3. Термомеханическая обработка	290
8.2. Основные методы отделочно-упрочняющей обработки	296
8.2.1. Основные параметры	296
8.2.2. Обкатывание	299
8.2.3. Выглаживание	301
8.2.4. Практические рекомендации по применению отделочно-упрочняющей обработки	306
8.3. Методы обработки наружных цилиндрических поверхностей лезвийным режущим инструментом	312
8.3.1. Точение	312
8.3.2. Точение круглыми вращающимися резцами	322
8.3.3. Обработка резанием с нагревом	325
Глava 9. Методы обработки внутренних цилиндрических поверхностей	335
9.1. Радиальное обжатие	335
9.2. Штамповка обкатыванием	338
9.3. Дорнование	341
9.4. Сверление	350
9.4.1. Сверление спиральными сверлами	350
9.4.2. Сверление сверлами специальной конструкции	361
9.5. Зенкерование	373
9.6. Развертывание	380
9.7. Растигивание	384
9.8. Протягивание	386
Глava 10. Методы обработки плоских поверхностей	396
10.1. Фрезерование	396
10.1.1. Общие сведения о процессе фрезерования. Основные типы фрез и их назначение	396
10.1.2. Режимы фрезерования	407
10.1.3. Элементы срезаемого слоя при фрезеровании	410
10.1.4. Геометрические параметры зубьев фрезы	413
10.1.5. Физические особенности процесса фрезерования	417
10.2. Протягивание наружных поверхностей	425
Глava 11. Методы обработки резьбовых поверхностей	428
11.1. Методы обработки наружных резьбовых поверхностей	428
11.1.1. Накатывание резьбы	428
11.1.2. Нарезание наружной резьбы	441

11.2. Методы обработки внутренних резьбовых поверхностей	450
11.2.1. Выдавливание резьбы	450
11.2.2. Нарезание внутренней резьбы	451
Г л а в а 12. А б р а з и в н а я о б р а т о к а	466
12.1. Шлифование абразивными и алмазными кругами	466
12.1.1. Технологические разновидности процесса шлифования	466
12.1.2. Абразивные круги	488
12.1.3. Алмазные и эльборовые круги	497
12.1.4. Процесс резания при шлифовании	510
12.1.5. Качество обработанной поверхности	515
12.1.6. Изнашивание и стойкость шлифовальных кругов	521
12.1.7. Смазочно-охлаждающие жидкости при шлифовании	528
12.1.8. Режимы шлифования	533
12.1.9. Скоростное, силовое и глубинное шлифование	538
12.2. Хонингование	545
12.3. Суперфиниширование	552
12.4. Доводка	562
12.5. Шлифование абразивными лентами	569
Г л а в а 13. Особые методы механической обработки	576
13.1. Резание с низкочастотными вибрациями	576
13.1.1. Основные понятия	576
13.1.2. Закономерности формирования срезаемого слоя	580
13.1.3. Основные кинематические зависимости прерывистого ре- зания с вибрациями	583
13.1.4. Технологические особенности резания с вибрациями	586
13.2. Обработка с ультразвуковыми колебаниями	590
13.2.1. Основные понятия	590
13.2.2. Ультразвуковая абразивная обработка	593
13.2.3. Ультразвуковая обработка лезвийным режущим инстру- ментом	601
13.3. Сверхскоростное резание	603
13.3.1. Основные понятия	603
13.3.2. Режущий инструмент и технологическое оборудование	606
13.4. Резание с опережающим пластическим деформированием	611
Г л а в а 14. Электрохимические и электрофизические методы об- работки	621
14.1. Электрохимическая обработка	621
14.2. Электроэррозионная обработка	632
14.3. Электроконтактная обработка	637
14.4. Электронно-лучевая, светолучевая и плазменная обработка	643
14.5. Электроимпульсная обработка пластическим деформированием ...	659
Приложение	663
Список рекомендуемой литературы	666