

А. Б. ЯХИН А. Н. МАЛОВ  
А. А. МАТАЛИН М. Я. КАШЕПАВА

ТЕХНОЛОГИЯ  
ТОЧНОГО  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ОБОРОНГИЗ  
1949



А. Б. ЯХИН, А. Н. МАЛОВ, А. А. МАТАЛИН и М. Я. КАШЕПАВА.

# ТЕХНОЛОГИЯ ТОЧНОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ ПРОФЕССОРА ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

А. Б. ЯХИНА

*Допущено Министерством Высшего образования СССР в качестве учебного пособия для  
вузов*

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ОБОРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Москва 1949

В книге рассматривается технология основных видов обработки, применяемых в приборостроении. В главах, посвященных обработке металлов резанием, основное внимание уделено вопросам точности.

В прочих главах книги рассматриваются виды обработки без снятия стружки — их экономичность, точность и т. п., а в отношении наиболее новых видов обработки — прецизионное литье, электроискровая обработка и т. п.— даются также основные понятия о сущности процессов.

Книга представляет собою учебное пособие, но она может быть использована инженерами как приборостроительной промышленности, так в значительной мере и различных отраслей точного машиностроения.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Понятие «точное приборостроение» объединяет разнообразные отрасли промышленности: часовое производство, производство авиационных приборов, оптико-механических приборов, приборов управления артиллерийским огнем и т. д.

Программы курса технологии приборостроения различных высших учебных заведений существенно различаются между собой как по содержанию, так и по объему. Независимо от специальности и количества часов курс «Технология приборостроения» делится на три раздела: 1) общие основы проектирования технологических процессов; 2) технология основных видов обработки, применяемых в приборостроении; 3) технология конкретных деталей и узлов.

Первый раздел курса является общим для различных отраслей машино- и приборостроения. Вопросы, рассматриваемые в этом разделе, достаточно подробно изложены в ранее изданных учебных пособиях, в частности, в книге проф. А. Б. Яхина «Проектирование технологических процессов механической обработки» (Оборонгиз, 1946). Отдельные расхождения в трактовке разными авторами тех или иных положений не носят принципиального характера.

Вследствие изложенного вопросы, относящиеся к первому разделу курса, не рассматриваются в настоящей книге, которая посвящена второму разделу — технологии основных видов обработки, общих для различных отраслей приборостроения.

Для третьего специального раздела курса — технологии конкретных деталей и узлов — представляется целесообразным издать специализированные учебные пособия применительно к соответствующим программам, а также монографии по часовому делу, по производству авиационных приборов и т. д.

При составлении настоящей книги предполагалось, что студенты имеют знания методов обработки металлов в объеме общего курса технологии металлов, читаемого в машиностроительных вузах <sup>1</sup>.

В соответствии с характером и задачами технологической подготовки студентов приборостроительных специальностей книгу можно условно разделить на две части.

К первой части относятся первые пять глав, посвященные основным для приборостроения видам обработки металлов резанием — обработке на токарных, фрезерных и сверлильных станках.

Основной особенностью этой части книги является то, что в ней уделено существенное внимание вопросам теоретического характера, в первую очередь вопросам точности <sup>2</sup>. Эти вопросы рассматриваются в соответствии с методикой, изложенной в упомянутой выше книге проф. Яхина «Основы проектирования технологических процессов механической обработки», но не в общем виде, а применительно к конкретным методам обработки.

Следует, однако, отметить, что, детально анализируя отдельные погрешности, авторы не стремились к определению резульативной погрешности.

Студенту важно иметь отчетливое представление об основных причинах, вызывающих погрешности при том или ином виде обработки, уметь их оценивать и знать способы воздействия на них. Определение же резульативной погрешности аналитическим путем представляет собою весьма громоздкую, а в ряде случаев и неразрешимую задачу.

Кроме вопросов, связанных с точностью, границами применения и экономичностью различных видов обработки, в книге даются также

---

<sup>1</sup> Для студентов, специализирующихся по технологии приборостроения, этого недостаточно, и для них должны быть предусмотрены специальные курсы (и соответствующие учебные пособия) по режущим инструментам, станкам, штамповке, технологии изготовления деталей из пластмасс и т. д.

<sup>2</sup> Вопросы качества поверхности при механической обработке не рассматриваются (за исключением главы о чистовой обработке), так как они излагаются в первом разделе курса.

необходимые для инженера-приборостроителя сведения о тех способах обработки и типах станков, которые являются специфическими для приборостроения и не имеют широкого распространения в машиностроении.

Детальные описания устройства станков и способов их настройки, а также необходимые при проектировании технологических процессов справочные данные в книге не приводятся по следующим причинам. Книга отражает содержание лекций. Подробно с устройством и эксплуатацией основных типов станков студент знакомится при лабораторных работах и на производственной практике, используя соответствующие руководящие материалы и инструкции. В равной степени, при работе над курсовым проектом для получения необходимых справочных и нормативных данных о припусках, режимах резания и т. п. студент должен неизбежно прибегать к справочникам, альбомам нормалей и т. п. Включение всех этих материалов в данную книгу не только увеличило бы ее объем до недопустимых пределов, но было бы нецелесообразно и в методическом отношении.

Книга является учебным пособием, но в известной степени носит монографический характер; многие материалы публикуются впервые. В то же время ряд вопросов освещен недостаточно глубоко, поскольку эти вопросы еще ждут своего разрешения. Кроме того, в книге опущены некоторые элементарные положения и те методические указания, которые не имеют принципиально важного значения.

Ко второй части книги относятся последние четыре главы. Здесь авторы не ставили перед собою задачи теоретического анализа рассматриваемых видов обработки. Основное назначение этих глав заключается в том, чтобы дать студентам возможность ориентироваться во всем многообразии современных видов обработки, используемых в приборостроении, их назначении, границах применения и

экономичности.

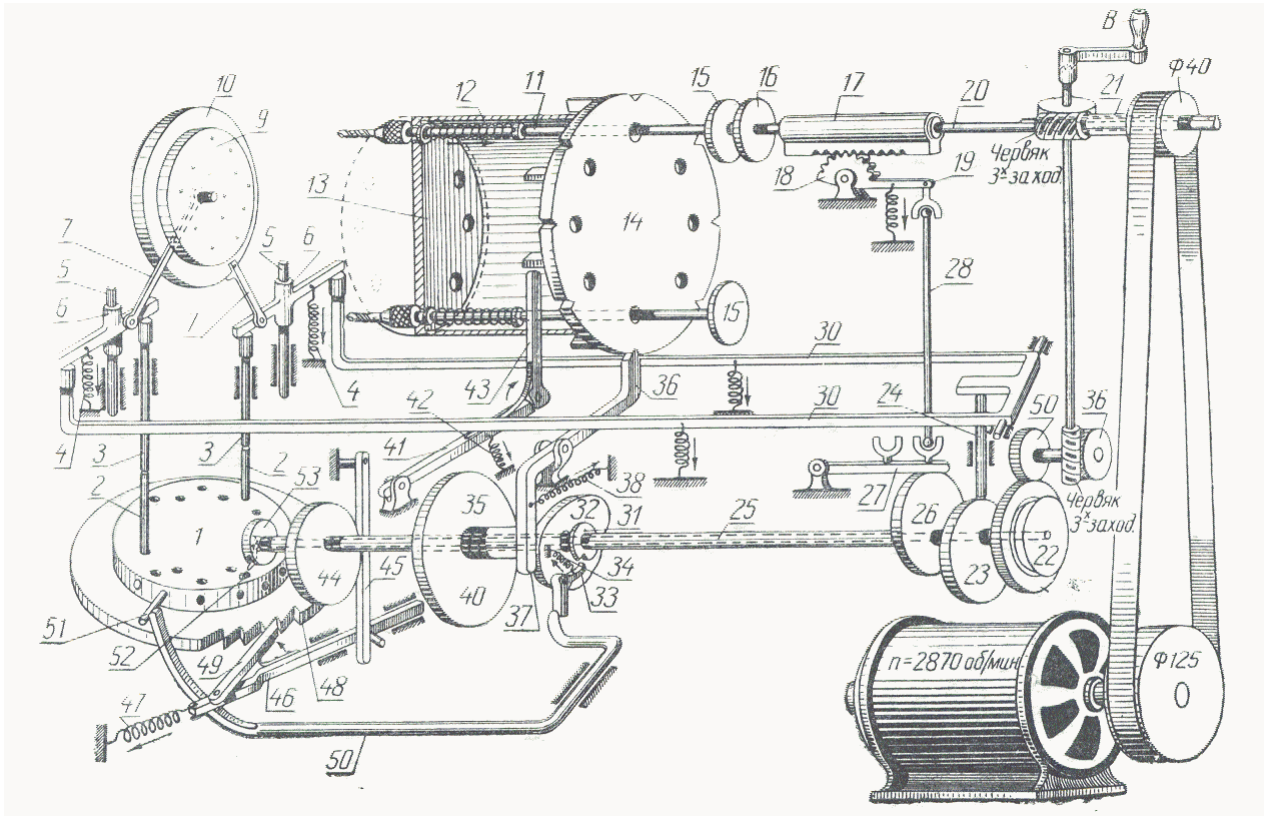
Естественно, что одни виды обработки рассмотрены более подробно, другие менее подробно, в зависимости от их значения для приборостроительной промышленности, а также задач технологической подготовки студентов приборостроительных специальностей.

В заключение необходимо отметить следующее.

Книга составлена в основном на базе коренной переработки книги проф. А. Б. Яхина «Технология точного приборостроения» (Оборонгиз, 1940) и отражает соответствующие разделы курса технологии приборостроения, созданного в МВТУ им. Баумана.

Те члены авторского коллектива, которые не работают в настоящее время в МВТУ, были в прошлом аспирантами кафедры технологии приборостроения МВТУ. Это обстоятельство значительно способствовало сохранению единого направления и целостности книги.

Главы первая, вторая и пятая написаны проф., д-ром техн. наук А. Б. Яхиным, глава третья — проф., д-ром техн. наук А. Б. Яхиным и канд. техн. наук Е. И. Феликсоном, глава четвертая — канд. техн. наук М. Я. Кашепавой, глава шестая — доц., канд. техн. наук А. Н. Маловым, главы седьмая и девятая — проф., д-ром техн. наук А. Б. Яхиным и доц., канд. техн. наук А. Н. Маловым, глава восьмая — доц., канд. техн. наук А.А. Маталиным.



Фиг. 218. Схема многошпиндельного сверильного полуавтомата



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Глава первая	
Обработка на токарных станках	
1. Экономические границы применения токарных станков	13
2. Обтачивание цилиндрических поверхностей в центрах	14
А. Неточности центровки (14). Б. Неточности станка (16).	
В. Упругие деформации под действием усилий резания (20).	
Г. Неточности заготовки (27). Д. Неточности установки резца (31).	
Е. Прогиб и износ резца (31).	
3. Обтачивание цилиндрических поверхностей в патроне	32
А. Неточности траектории вершины резца (32).	
Б. Биение обрабатываемой детали (33). В. Деформации под действием усилий резания (35). Г. Точность продольных размеров (37).	
4. Обтачивание на оправках	39
5. Обтачивание тонких дисков	42
6. Обтачивание эксцентричных поверхностей	45
7. Обтачивание конических поверхностей	49
8. Обтачивание фасонных поверхностей	51
9. Растачивание отверстий	56
А. Неточности, связанные с установкой детали (56). Б. Неточности, связанные с процессом растачивания (60)	
Глава вторая	
Обработка на revolverных станках и автоматах	
1. Обработка на revolverных станках	65
А. Экономические границы применения (65). Б. Обтачивание цилиндрических поверхностей (67). В. Обтачивание конических поверхностей (72). Г. Обработка отверстий (80).	
2. Обработка на автоматах	85
А. Общие положения (85). Б. Обработка на токарно-revolverных автоматах (89). В. Обработка на автоматах продольно-токарного типа (98).	
Глава третья	
Фрезерование плоских и криволинейных (фасонных) поверхностей	
1. Общие положения	121
2. Фрезерование плоских поверхностей	125
3. Фрезерование криволинейных (фасонных) поверхностей	133
А. Фрезерование по копиру (134). Б. Факторы, ограничивающие фрезерование по копиру, и точность обработки (139).	
В. Фрезерование на копировально-фрезерном полуавтомате (147).	
Г. Рефлекторные копировально-фрезерные устройства (152). Д. Фрезерование деталей с профилем по спирали Архимеда (163).	
Глава четвертая	
Фрезерование зубчатых колес	
1. Фрезерование зубчатых колес методом копирования	172

А. Нарезание зубьев на фрезерном станке при помощи делительной головки (173). Б. Нарезание зубьев на зубофрезерном полуавтомате при помощи одной дисковой фрезы (189).	
В. Нарезание зубьев на зубофрезерном полуавтомате при помощи нескольких дисковых фрез (200).	
2. Фрезерование зубьев методом обката	210
А. Сущность метода (210). Б. Область применения (214).	
В. Червячные фрезы (217). Г. Зубофрезерные станки, работающие по методу обката (243). Д. Погрешности при фрезеровании зубьев методом обката (259).	

#### Глава пятая

##### Обработка на сверлильных станках.

1. Общие положения	268
2. Сверление при помощи кондукторов	270
3. Сверление с предварительным кернением	280
4. Сверление по координатам	287
5. Сверление при помощи установочных шаблонов	294

#### Глава шестая

##### Холодная штамповка

1. Общие положения	296
2. Отрезка	292
А. Отрезка на ножницах (297). Б. Отрезка в штампах на прессах (301)	
3. Вырубка и пробивка	304
А. Вырубка (304). Б. Раскрой материала (305). В. Пробивка (30Э). Г. Качество и точность при вырубке и пробивке (312).	
4. Надрезка, обрезка и просечка	314
5. Зачистка (чистовая вырубка) и калибровка	316
А. Зачистка (316). Б. Калибровка (319).	
6. Гибка и правка	321
А. Гибка (321), Б. Правка (рихтовка) (328)	
7. Вытяжка	330
А. Общие сведения (330). Б. Расчет размеров заготовки (332). В. Определение числа операций (342). Г. Точность (345).	
8. Выдавливание	348
9. Рельефная штамповка	353
10. Отбортовка	354
11. Штамповка истечением	358
12. Чеканка	360
13. Объемная штамповка	362
14. Комбинированная штамповка	372
А. Общие сведения (372). Б. Комбинированная штамповка в штампах последовательного действия (373). В. Комбинированная штамповка в штампах совмещенного действия (384)	
15. Штампо-сварные конструкции	390
16. Применение холодной штамповки при сборке	392
17. Конструирование деталей, получаемых холодной штамповкой	395
А. Конструирование деталей, получаемых вырубкой, пробивкой, надрезкой и отрезкой (395). Б. Конструирование деталей, получаемых гибкой в штампах (398).	
В. Конструирование деталей, получаемых вытяжкой в штампах (400).	

#### Глава седьмая

Прочие методы обработки без снятия стружки	
1. Литье	405
А. Литье в землю (405). Б. Литье в кокиль (407). В. Литье под давлением (412). Г. Прецизионное литье (427).	
2. Горячая штамповка	431
3. Специальные виды обработки давлением	436
А. Волочение (436). Б. Холодное прокатывание (438). В. Редуцирование (438).	
Изготовление деталей из пластмасс	440
А. Общие сведения (440). Б. Методы изготовления деталей из пластмасс (441). В. Точность деталей из пластмасс (446). Г. Оформление конфигурации деталей, изготавливаемых прессованием и пресслитьем (447).	
4. Изготовление деталей из металлических порошков (металлокерамика)	451
5. Паяние	454
6. Электроискровая обработка	456

Глава восьмая  
Чистовая обработка

1. Тонкое точение	457
А. Сущность процесса (457). Б. Режимы обработки, инструменты, станки (457). В. Точность, качество поверхности и область применения (460).	
2. Скоростное резание металлов	461
А. История развития скоростного резания (461). Б. Производственная характеристика скоростного резания (463).	
3. Отделка цапф осей твердым диском	466
4. Шлифование	468
А. Центровое наружное круглое шлифование (469). Б. Бесцентровое наружное шлифование (474). В. Внутреннее шлифование (479). Г. Шлифование плоскостей (480). Д. Шлифование деталей диска (481).	
5. Заключительные операции чистовой обработки	483
А. Притирка (483). Б. Приработка (486). В. Ручная доводка (486). Г. Механическая доводка (488). Д. Хонингование (49С) Е. Суперфиниш (495). Ж. Полирование (501).	

Глава девятая  
Поверхностные покрытия и химико-термическая обработка  
поверхностного слоя

1. Поверхностные покрытия	509
А. Металлические защитные покрытия (509). Б. Химические покрытия (522). В. Лакокрасочные покрытия (524).	
2. Химико-термическая обработка поверхностного слоя	534
А. Цементация обычная в твердом карбюризаторе (534). Б. Газовая цементация (536). В. Цианирование (жидкая цементация) (537). Г. Нитроцементация (538). Д. Азотирование (нитрирование) (539). Е. Алитирование (540).	