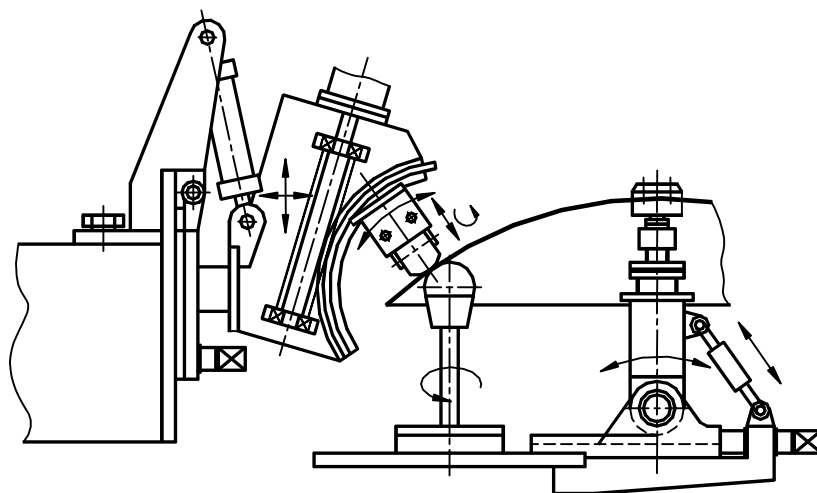


А.Г. ТКАЧЕВ, В.А. БОГУШ, И.Н. ШУБИН

**ТЕХНОЛОГИЯ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**



Издательство ТГТУ

Учебное издание

ТКАЧЕВ Алексей Григорьевич,
БОГУШ Владимир Анатольевич,
ШУБИН Игорь Николаевич

**ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

Учебное пособие

Редактор З.Г. Чернова

Компьютерное макетирование М.А. Филатовой

Подписано в печать 22.11.04

Формат 60 × 84 / 16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Объем: 5,58 усл. печ. л.; 5,62 уч.-изд. л.
Тираж 150 экз. С. 777

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета,
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14
Министерство образования и науки Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

А.Г. ТКАЧЕВ, В.А. БОГУШ, И.Н. ШУБИН

**ТЕХНОЛОГИЯ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН
И ОБОРУДОВАНИЯ**

Утверждено Ученым советом университета
в качестве учебного пособия
для студентов 3–5 курсов
специальностей 240801, 240601, 151001, 080502

Тамбов
Издательство ТГТУ
2004

УДК 621
ББК К724я73
Т48

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор
В.Ф. Першин

Заместитель директора, начальник проектно-технического отдела ОАО «Тамбовский завод "Комсомолец"» им. Н.С. Артемова
А.В. Посысаев

Ткачев А.Г., Богуш В.А., Шубин И.Н.

Т48 Технология изготовления деталей технологических машин и оборудования: Учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. 96 с.

Изложено описание типовых технологических процессов изготовления деталей технологических машин и аппаратов. Пособие включает общую характеристику объектов машиностроения, описание технологических операций и оборудования для изготовления типовых деталей аппаратов, вопросы сборки и контроля их качества.

Предназначено для студентов 3–5 курсов специальностей 240801, 240601, 151001, 080502 технических вузов дневной, заочной и дистанционной форм обучения.

УДК 621

ББК К724я73

ISBN 5-8265-0333-5

© Ткачев А.Г., Богуш В.А.,
Шубин И.Н., 2004
© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2004

Технология машиностроения – наука о производстве деталей машин и аппаратов – изучает технологические процессы, применяемые на машиностроительных предприятиях при изготовлении изделий требуемого качества, в установленном программой количестве и при наименьшей себестоимости.

Технология машиностроения рассматривает методы разработки и построения рациональных технологических процессов, выбор способа получения заготовки, технологического оборудования, инструмента и приспособлений, назначение режимов резания и установление технически обоснованных норм времени.

Основное содержание данного учебного пособия составляют разделы, посвященные разработке технологических процессов изготовления валов, втулок, корпусных деталей, зубчатых колес и рычагов, обечаек, днищ и трубных решеток изложены по единому плану в соответствии со стандартами разработки и постановки изделий на производство.

За основу приняты типовые технологические процессы, прошедшие апробацию в промышленности и базирующиеся на результатах научных исследований и прогрессивном опыте машиностроительных заводов.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

1 Технология изготовления валов

1.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВАЛОВ

В технологии машиностроения в понятие валы принято включать собственно валы, оси, пальцы, штоки, колонны и другие подобные детали машин, образованные наружными поверхностями вращения при значительном преобладании длины над диаметром. Конструктивное разнообразие валов вызывается различным сочетанием цилиндрических, конических, а также зубчатых (шлицевых), резьбовых поверхностей. Валы могут иметь шпоночные пазы, лыски, осевые и радиальные отверстия.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

Технологические задачи формулируются в соответствии с рекомендациями и охватывают требованиями к точности детали по всем их параметрам (рис. 1).

Точность размеров. Точными поверхностями валов являются, как правило, его опорные шейки, поверхности под детали, передающие крутящий момент. Обычно они выполняются по 6–7-му квалитетам.

Точность формы. Наиболее точно регламентируется форма в продольном и поперечном сечениях у опорных шеек под подшипники качения. Отклонения от круглости и профиля в продольном сечении не должны превышать 0,25...0,5 допуска на диаметр в зависимости от типа и класса точности подшипника.

Точность взаимного расположения поверхностей. Для большинства валов главным является обеспечение соосности рабочих поверхностей, а также перпендикулярности рабочих торцов базовым поверхностям. Как правило, эти величины выбираются по V – VII степеням точности.

Качество поверхностного слоя. Шероховатость базовых поверхностей обычно составляет $Ra = 3,2...0,4$ мкм, рабочих торцов $Ra = 3,2...1,6$ мкм, остальных несоответственных поверхностей $Ra = 12,5...6,3$ мкм. Валы могут быть сырыми и термообработанными. Твердость поверхностных слоев, способ термообработки могут быть весьма разнообразными в зависимости от конструктивного назначения

валов. Если значение твердости не превышает HB 200...230, то заготовки подвергают нормализации, отжигу или термически не обрабатывают. Для увеличения износостойкости валов повышают твердость их рабочих поверхностей. Часто это достигается поверхностной закалкой токами высокой частоты, обеспечивающей твер-

дость HRC 48...55. Поверхности валов из малоуглеродистых марок стали подвергают цементации на глубину 0,7...1,5 мм с последующей закалкой и отпуском. Таким способом можно достичь твердости HRC 55...60.

Так, например, для вала, представленного на рис. 1 технологические задачи формулируются следующим образом.

- точность размеров основных поверхностей находится в пределах 6 – 8 квалитетов, а размеры с неуказанными отклонениями выполняются по 14-му квалитету;
- точность формы регламентируется для опорных шеек допусками круглости и профиля в продольном сечении – 0,006 мм, а у остальных поверхностей погрешности формы не должны превышать определенной части поля допуска на соответствующий размер (например, для нормальной геометрической точности 60 % от поля допуска);
- точность взаимного расположения задается допусками радиального и торцового биений (соответственно 0,02 и 0,016 мм) относительно базы;
- шероховатость сопрягаемых цилиндрических поверхностей ограничивается значениями $Ra = 0,8$ мкм, а торцовых – $Ra = 1,6$ мкм; шероховатость несопрягаемых поверхностей – $Ra = 6,3$ мкм; шлицевый участок подвергается термообработке ТВЧ HRC 50...55.

НЕКОТОРЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ВАЛОВ

К технологичности валов предъявляются некоторые специфические требования.

1 Перепады диаметров ступенчатых валов должны быть минимальными, что позволяет уменьшить объем механической обработки при их изготовлении и сократить отходы металла. По этой причине конструкция вала с канавками и пружинными кольцами более технологична конструкции вала с буртами.

2 Длины ступеней валов желательно проектировать равными или кратными длине короткой ступени, если токарная обработка валов будет осуществляться на многолезцовых станках. Такая конструкция позволяет упростить настройку резцов и сократить их холостые перемещения.

3 Шлицевые и резьбовые участки валов желательно конструировать открытыми или заканчивать канавками для выхода инструмента. Канавки на валу необходимо задавать одной ширины, что позволит прорезать их одним резцом.

4 Валы должны иметь центровые отверстия. Запись в технических требованиях о недопустимости центровых отверстий резко снижает технологичность вала. В таких случаях следует заметно удлинять заготовку для нанесения временных центров, которые срезают в конце обработки.

1.2 МАТЕРИАЛЫ И ЗАГОТОВКИ ВАЛОВ

Валы, в основном, изготавливают из конструкционных и легированных сталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, хорошей обрабатываемости, малой чувствительности к концентрации напряжений, а также повышенной износостойкости. Этим требованиям, в определенной степени, отвечают стали марок 35, 40, 45, 40Г, 40ХН и др. Достаточно редко валы отливают из чугуна.

В технических требованиях на изготовление валов, прежде всего, указываются твердость материала или необходимость соответствующей термической обработки. Если значение твердости не превышает HB 200...230, то заготовки подвергают нормализации, отжигу или термически не обрабатывают. Для увеличения износостойкости валов повышают твердость их рабочих поверхностей. Часто это достигается поверхностной закалкой токами высокой частоты, обеспечивающей твердость HRC 48...55. Поверхности валов из малоуглеродистых марок стали подвергают цементации на глубину 0,7...1,5 мм с последующей закалкой и отпуском. Таким способом можно достичь твердости HRC 55... 60.

Производительность механической обработки валов во многом зависит от вида заготовки, ее материалов, размера и конфигурации, а также от характера производства. Заготовки получают отрезкой от горячекатаных или холодно-тянутых нормальных прутков и непосредственно подвергают механической обработке.

Прокат круглого сечения поступает на машиностроительные заводы в виде многометровых прутков, из которых в заготовительных цехах нарезаются заготовки необходимой длины.

В наибольшей мере указанным требованиям отвечают отрезные круглопильные станки, применяемые в серийном и массовом производствах. В качестве режущего инструмента в них применяются пильные диски, оснащенные сегментами из быстрорежущей стали. Таким диском можно разрезать прокат диаметром до 240 мм или пакет прутков меньшего диаметра. Торцы заготовок после отрезки имеют шероховатость $Ra = 25$ мкм.

В мелкосерийном и единичном производствах применяются более простые, но менее производительные отрезные ножовочные станки. Тонкие ножовочные полотна дают узкий пропилен, но вследствие малой жесткости не обеспечивают высокой перпендикулярности торцов заготовок.

Резка прутков и труб из высокотвердых, закаленных сталей наиболее эффективна на абразивно-отрезных станках, оснащенных тонкими, толщиной 3...6 мм абразивными кругами на бакелитовой или вулканитовой связках. Благодаря высокой скорости вращения, достигающей 80 м/с, круги быстро разрезают пруток, образуя ровный срез с шероховатостью $Ra = 3,1...6,3$ мкм. Во избежание пережога торцов зона резания обильно поливается охлаждающей жидкостью.

В сравнении с перечисленными другие методы резки применяются реже. К ним относятся: резка на токарно-отрезных станках отрезными резцами, на фрезерных станках прорезными фрезами, резка фрикционными пилами. Фрикционная пила представляет собой тонкий стальной диск, которому сообщается скорость вращения выше 100 м/с. В месте контакта с заготовкой выделяющаяся вследствие трения теплота расплавляет металл прутка, что обеспечивает высокую производительность процесса. Однако оплавление торцов заготовок снижает их качество. К наиболее производительным методам относятся рубка прутков на прессах и резка ножницами. Существенным недостатком этих методов, ограничивающим их применение, является смятие концов заготовок.

На машиностроительные заводы прокат поступает с заметными отклонениями от прямолинейности оси. Для устранения кривизны прутки перед резкой подвергают правке. Для этой цели служат правильно-калибровочные станки (рис. 2). Нарезанные заготовки перед началом обработки, а иногда и в процессе дальнейшей обработки также приходится подвергать правке. Такую правку обычно проводят на прессах.

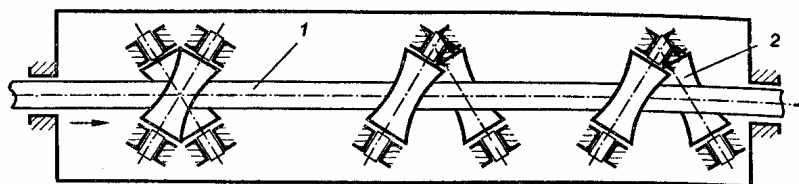


Рис. 2 Схема правильно-рихтовочного устройства станка:
1 – пруток; 2 – ролик

Заготовки такого вида применяют в основном в мелкосерийном и единичном производстве, а также при изготовлении валов с небольшим количеством ступеней и незначительными перепадами их диаметров.

В производстве с более значительным масштабом выпуска, а также при изготовлении валов более сложной конфигурации с большим количеством ступеней, значительно различающихся по диаметру, заготовки целесообразно получать методом пластической деформации. Эти методы (ковка, штамповка, периодический прокат, обжатие на ротационно-ковочных машинах, электровысадка) позволяют получать заготовки по форме и размерам наиболее близкие к готовой детали (рис. 3), что значительно повышает производительность механической обработки и снижает металлоемкость изделия.

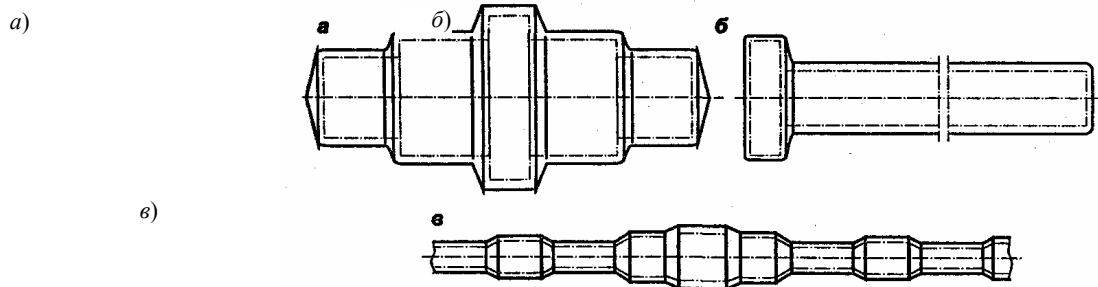


Рис. 3 Заготовки, полученные различными методами:

a – штамповкой в штампах; *б* – штамповкой на горизонтально-ковочной машине;
в – поперечно-винтовой прокаткой

Выбор наиболее рационального способа получения заготовки в каждом отдельном случае определяется комплексно с учетом технико-экономической целесообразности. С увеличением масштабов выпуска особое значение приобретают эффективность использования металлов и сокращение трудоемкости механической обработки. Поэтому в крупносерийном и массовом производстве преобладают методы получения заготовок с коэффициентом использования металлов от 0,7 и выше (отношение массы детали к норме расхода металла), достигающего в отдельных случаях до 0,95. Полые валы целесообразно изготавливать из труб.

1.3 ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ

Основными базами подавляющего большинства валов являются поверхности его опорных шеек. Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей, как правило, затруднительно, особенно при условии сохранения единства баз. Поэтому при большинстве операций за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки, что позволяет обрабатывать почти все наружные поверхности вала на постоянных базах с установкой его в центрах.

При этом может возникать погрешность базирования, влияющая на точность взаимного расположения шеек, равная величине несовпадения оси центровых отверстий и общей оси опорных шеек.

Для исключения погрешности базирования при выдерживании длин ступеней от торца вала необходимо в качестве технологической базы использовать торец заготовки. С этой целью заготовку устанавливают на плавающий передний центр. Форма и размеры центровых отверстий стандартизованы.

Рабочими участками являются конуса, которыми вал опирается на центры станка в процессе обработки. Цилиндрические участки диаметром d необходимы для предотвращения контакта вершин станочных центров с заготовкой. При обработке крупных, тяжелых валов применяют усиленные станочные центры с углом конуса 75° или 90° . С соответствующими углами конусов выполняют и центровые отверстия валов. Предохранительный конус с углом 120° позволяет избежать случайных забоин на рабочем конусе в процессе межоперационного транспортирования вала. Валы с предохранительными конусами более ремонтпригодны.

Использование центров в качестве установочных элементов предусматривает применение того или иного поводкового устройства, передающего крутящий момент заготовке.

Таковыми устройствами являются поводковые патроны, хомутики и т.п.

Основные способы установки валов приведены на рис. 4 – 7.

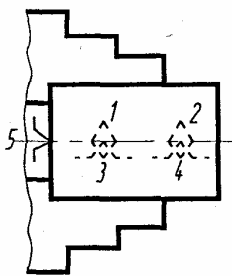


Рис. 4 Установка вала в патроне ($L/D < 4$)

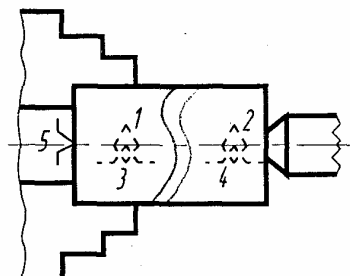


Рис. 5 Установка вала в патроне с поджимом задним центром ($4 < L/D < 7$)

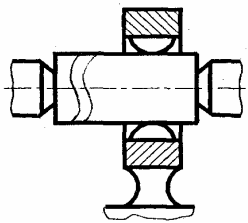


Рис. 6 Установка вала в центрах с люнетом ($L/D > 10$)

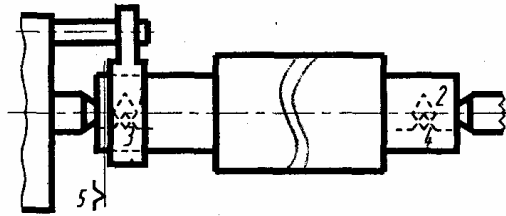


Рис. 7 Установка вала в центрах с люнетом ($7 < L/D < 10$)

1.4 МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Наружные и внутренние цилиндрические поверхности и прилегающие к ним торцы образуют детали типа тел вращения. Детали – тела вращения делят на три типа в зависимости от соотношения длины детали L к наибольшему наружному диаметру D . При $L/D > 1$ это валы оси, шпиндели, штоки, шестерни, гильзы, стержни и т.п.; при $2 > L/D > 0,5$ включительно – втулки, стаканы, пальцы, барабаны и др.; при $L/D < 0,5$ включительно – диски, кольца, фланцы, шкивы и т.п.

Детали, имеющие поверхности вращения (цилиндрические, наружные, фасонные, цилиндрические внутренние и др.) обрабатывают на различных станках: токарной группы (токарно-винторезные, токарно-карусельные, токарно-револьверные, одношпиндельные и многошпиндельные полуавтоматы и автоматы, станки для тонкого точения и др.); шлифовальной группы (круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные, притирочные, полировальные и т.п.). Станки этих групп применяют как обычные, так и с числовым программным управлением (ЧПУ).

Наиболее распространенным методом обработки цилиндрических наружных поверхностей является точение резцом (резцами).

При установке и обработке длинных заготовок валов, осей, стержней и тому подобных в качестве дополнительной опоры, повышающей жесткость технологической системы, применяют люнеты (подвижные и неподвижные).

Для точения цилиндрических поверхностей и поверхностей, прилегающих к ним и ограничивающих их длину (торцы, уступы, канавки, радиусы и т.п.), применяют проходные, подрезные (прямые и отогнутые), отрезные, канавочные и другие резцы с напайными пластинами из быстрорежущей стали или твердых сплавов и композиционных материалов.

При токарной обработке различают точение:

а) черновое (или обдирочное) – с точностью обработки IT13...IT12 с шероховатостью поверхности до $Ra = 6,3$ мкм;

б) получистовое – IT12...IT11 и шероховатость до $Ra = 1,6$ мкм;

в) чистовое – IT10...IT8 и шероховатость до $Ra = 0,4$ мкм.

При черновом обтачивании, как и при любой черновой обработке, снимают до 70 % припуска. При этом назначают максимально возможные глубину резания t и подача S .

На черновых операциях повышения производительности обработки добиваются увеличением глубины резания (уменьшением числа рабочих ходов), а также подачи.

На чистовых операциях подача ограничивается заданной шероховатостью поверхности, поэтому сокращение основного времени возможно за счет увеличения скорости резания. На универсальных токарно-карусельных станках обрабатывают заготовки деталей типа тел вращения разнообразной формы диаметром до 10 000 мм.

Различают несколько схем точения заготовок на станках токарной группы.

1 Одноместная последовательная и параллельная обработка (рис. 8, 9).

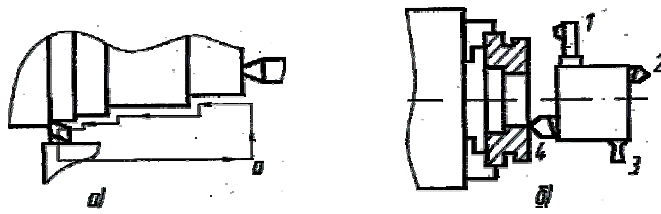


Рис. 8 Однорезная последовательная обработка:
а – одним; *б* – несколькими инструментами

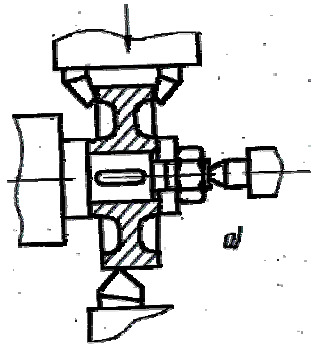


Рис. 9 Однорезная параллельная обработка

2 Параллельно-последовательные схемы имеют место при одновременной обработке нескольких поверхностей заготовки и в нескольких позициях последовательно (рис. 10); при этом заготовка или инструменты меняют позиции путем поворота инструментального блока.

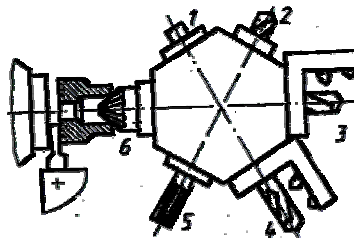


Рис. 10 Параллельно-последовательные схемы обработки
 одним инструментом

3 Многоместные схемы могут осуществляться в двух вариантах: параллельном (рис. 11) и последовательном (рис. 12).

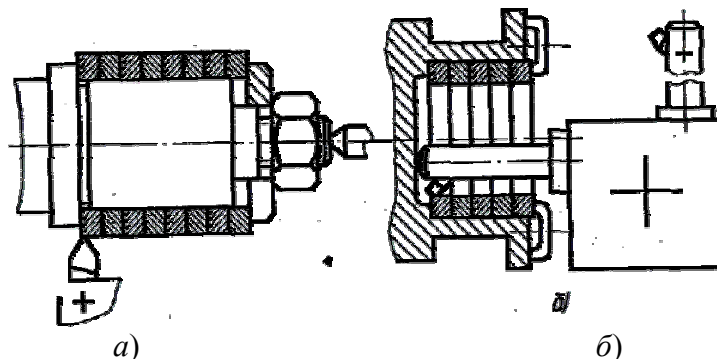


Рис. 11 Многоместная последовательная обработка:
а – одним; *б* – несколькими инструментами

В многоместных схемах с одновременной установкой операционной партии время обработки заготовки определяется путем деления общих затрат времени на число заготовок в операционной партии.

На обработку одной заготовки в этом случае приходится меньше времени, чем в случае одноместных схем. В многоместных схемах время часто существенно сокращается за счет времени врезания и сбега инструмента. Время при установке операционной партии несколько возрастет, но на одну заготовку она значительно меньше, чем в одноместных схемах.

Схемы точения цилиндрических поверхностей приведены на рис. 13. Токарно-карусельные станки с ЧПУ позволяют автоматизировать обработку и в 2...2,5 раза повысить производительность труда.

Токарно-многолезцовые станки рассчитаны (так же как и револьверные станки) на повышение производительности труда путем совмещения переходов операций и автоматического получения операционных размеров. Эти станки предназначены для обработки (в патроне или в центрах) заготовок деталей типа ступенчатых валов, блоков шестерен, валов-шестерен, фланцев; шкивов и т.п. в условиях среднесерийного и крупносерийного производства.

Токарные многолезцовые станки и копировальные полуавтоматы имеют два суппорта, работают в полуавтоматическом цикле. Они, как правило, одношпиндельные с горизонтальной и вертикальной компоновками. Обычно на многолезцовых станках обрабатывают заготовки диаметром до 500 мм, длиной до 1500 мм.

