

**М.М. Палей**

**Технология производства режущего  
инструмента**

**Допущено Министерством высшего и среднего  
специального образования РСФСР в качестве  
учебного пособия для машиностроительных вузов  
и факультетов**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 66.0  
ББК 35  
М11

M11 **М.М. Палей**  
Технология производства режущего инструмента: Допущено Министерством высшего и среднего специального образования РСФСР в качестве учебного пособия для машиностроительных вузов и факультетов / М.М. Палей – М.: Книга по Требованию, 2013. – 484 с.

**ISBN 978-5-458-41926-0**

В книге излагаются основы технологии производства режущего инструмента, методы получения исходных заготовок, операции общего назначения, способы крепления режущих пластинок, термическая обработка, способы повышения режущей способности инструмента, затачивание и доводка; подробно излагаются особенности изготовления инструмента различных видов: резцов, сверл, фрез, резьбового, зуборезного, сборного. Рассматриваются вопросы механизации и автоматизации технологических процессов в инструментальном производстве. Книга составлена в соответствии с типовой учебной программой курса «Производство режущего инструмента» для специальности «Технология машиностроения, станки и инструмент» и является учебным пособием для студентов соответствующих вузов. Она может быть также использована специалистами инструментального производства.

**ISBN 978-5-458-41926-0**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2013  
© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

# ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

---

### ГЛАВА I

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

### 1. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Технология производства режущего инструмента базируется на общих принципах технологии машиностроения.

Наряду с этим в производстве инструмента имеются специфические особенности, связанные с применением дорогостоящих инструментальных материалов и сплавов; обработкой заготовок высокой твердости и прочности; высокими требованиями к точности размеров и геометрической формы, к чистоте поверхности; особенно высокими требованиями к физико-механическим свойствам инструмента.

Применение быстрорежущих и легированных сталей и сплавов вызывает необходимость максимальной экономии их. С этой целью в инструментальном производстве широко распространено изготовление составного инструмента, с использованием сварки различных видов плавки, напайки; сборного инструмента с различными способами механического крепления режущей части к корпусу (державке). Применяется также литой режущий инструмент. Все более широко внедряется обработка методами горячей и холодной пластической деформации — штамповки, прокатки, накатки и др.

Особенно высокие требования к точности размеров, геометрической формы и к чистоте поверхности обеспечиваются применением чистовых и отделочных видов обработки и специального оборудования.

При разработке технологического процесса изготовления инструмента должны быть решены основные задачи — соблюдение технических требований к точности, качеству поверхности и физико-механическим свойствам инструмента и достижение производительности, экономичности и стабильности технологических процессов.

Точность изготовления инструмента обеспечивается рядом факторов, главнейшими из которых являются: а) выбор технологических баз обработки, что в основном должно обеспечить правильность установки обрабатываемого инструмента на станке и точность размеров и взаимного расположения его поверхно-

стей; б) выбор методов и последовательности обработки различных поверхностей, что должно обеспечить, помимо точности размеров, чистоту поверхности обрабатываемого инструмента; в) выбор оборудования, приспособлений и инструмента второго порядка, а также режимов резания, которые должны обеспечить точность обработки, наряду с высокой производительностью.

Разработка технологического процесса изготовления инструмента начинается с изучения рабочего чертежа и технических условий изготовления инструмента. В соответствии с заданной производительностью определяется темп выпуска инструмента, намечается последовательность и характер производственных процессов и составляется маршрутная технологическая карта, содержащая перечень операций и оборудования с краткой характеристикой. Назначение маршрута обработки зависит от конфигурации обрабатываемого инструмента, технических условий, метода получения заготовки и ожидаемой средней точности обработки при каждом методе обработки.

Вначале находят методы обработки, обеспечивающие получение требуемого качества готового инструмента по каждой из поверхностей. После этого сопоставляют допуски на заготовку с возможностями выбранного метода обработки. Каждому методу обработки присущи определенные точностные характеристики и экономичная величина припуска, которые приводятся в справочной литературе. В большинстве случаев пока не удается найти методы обработки, которые позволили бы непосредственно перейти от черной (исходной) заготовки к готовому инструменту по каждой поверхности. Обычно приходится обрабатывать заготовку с различным числом переходов при помощи различных методов обработки.

Одновременно определяется метод получения и вид (исходной) заготовки. Основным стремлением при этом является максимальное приближение формы заготовки к готовому инструменту и, следовательно, сведение к минимуму операций механической обработки. Предпочтение должно отдаваться, поэтому, прогрессивным методам получения заготовки — калибровке, штамповке, литью в оболочковые формы, по выплавляемым моделям или в постоянные формы, сварке и т. п.

Технологическими или установочными базами заготовки называют поверхности, линии или точки заготовки, ориентирующие ее при установке для обработки на станке. Желательно, чтобы технологические базы совпадали с основными или конструктивными базами детали. Если это невозможно, технологические базы должны быть связаны с основными базами точными размерами. Согласно принципу единства баз, установка заготовки должна производиться всегда на одни и те же технологические базы, от которых будет вестись вся обработка и проверка размеров при контроле. Эти же базы должны быть сборочными базами при сборке деталей в изделие. Для получения технологич-

ких баз в самом начале процесса механической обработки на заготовке выбирают первичные черновые базы, позволяющие правильно ориентировать заготовку и обрабатывать с требуемой точностью технологические базы.

Зная вид и особенности заготовки, учитывая возможные погрешности ее и требования, предъявляемые к обрабатываемой на первой операции поверхности, рассчитывают соответствующий припуск и решают, снимать ли его сразу, или необходимо произвести черновую и чистовую обработку, а иногда черновую, полу-чистовую и чистовую обработку. После этого уточняют технологические процессы обработки поверхностей инструмента и производят расчет промежуточных припусков на обработку и по всем технологическим переходам подсчитывают промежуточные размеры, начиная от готовой детали до черной заготовки. Допуски на промежуточные размеры назначают с точностью, которую могут обеспечить способы обработки, выбранные для каждого из переходов.

Для каждой операции составляется подробная операционная карта механической обработки с указанием типа и модели станка и приспособления, с разбивкой на переходы и характеристикой режущего, вспомогательного и измерительного инструмента, со всеми необходимыми данными и расчетом режима резания, нормой выработки, разрядом и расценкой работы.

## 2. ВЫБОР И ОБРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ

Режущий инструмент можно разделить на следующие основные группы: хвостовой, насадной и плоский инструмент. К хвостовому инструменту относятся: сверла, метчики, зенкеры, развертки, фрезы, протяжки круглые и шлицевые, долбяки хвостовые; хвостовики могут быть коническими или цилиндрическими. К насадному — инструмент с отверстием: зенкеры, развертки, фрезы, долбяки, шеверы, резцы дисковые (круглые), плашки круглые, резьбовые гребенки круглые, метчики насадные. К плоскому — резцы стержневые, призматические и пластинчатые, ножи для сборных зенкеров, разверток и фрез, протяжки плоские, плашки плоские и тангенциальные, резцы зубострогальные, гребенки зуборезные.

Технологическими базами хвостового инструмента являются центровые отверстия или наружные центры (у мелкого инструмента диаметром до 8 мм). Установка детали в центрах с хомутиком является вполне определенной, так как лишает ее всех шести степеней свободы в пространстве. При обработке длинного инструмента, во избежание прогиба, приходится использовать дополнительные цилиндрические поверхности детали, которыми она опирается на подвижные или неподвижные люнеты. Черновыми базами хвостового инструмента служат наружные необработанные поверхности заготовки. Правильное положение послед-

ней на первой операции обеспечивается самоцентрирующими устройствами.

Центровые отверстия с углом 60° по ОСТу 3725 образуются при помощи центрочных сверл и зенковок в виде наборов (по ГОСТу 6694-53 — 6 наборов), без предохранительного конуса или с предохранительным конусом. Режущий инструмент пониженной точности и малых диаметров изготавливается с центральными отверстиями без предохранительного конуса. Инструмент высокой точности обрабатывается на центральных отверстиях с предохранительным конусом.

В условиях мелкосерийного производства центрование отверстий производится комбинированным центрочным сверлом. В крупносерийном и массовом производстве обработка отверстий ведется в два перехода — сверлом центрочным и зенковкой центрочной. Для предохранения от смещения сверла при центровании, торцевые поверхности заготовки должны быть строго перпендикулярны ее оси и чисто обработаны. Подрезание торцов заготовки производится на токарных или фрезерных станках. С этой операции и начинается, особенно для инструмента высокой точности, обработка технологических баз.

В крупносерийном и массовом производстве центрование осуществляется на двухсторонних центральных или фрезерно-центральных станках. Обработка на последних ведется в два перехода — подрезание торцов заготовки по заданной длине, потом центрование. Применяются также отрезные автоматы и полуавтоматы, а затем центральные станки. При меньшем масштабе производства практикуются и другие способы отрезки заготовки.

Центрование коротких заготовок производится на центральных станках с зажатием в призмах. Длинные заготовки (преимущественно протяжки, специальные развертки и т. п.) центруются на токарных станках с зажатием одного конца в патроне и поддержанием другого конца в люнете. Для точного центрования заготовок из холоднотянутого металла или предварительно обработанных по наружной поверхности, используются специальные станки с цанговым зажимом и направляющей втулкой.

После термической обработки центровые отверстия могут иметь деформации, забоины, окалину, прикипевшие соли и пр. Исправление центральных отверстий производится на вертикально-сверлильных станках с помощью твердосплавного зенкера, на круглошлифовальных или специальных станках с заправленным шлифовальным кругом.

При изготовлении разверток, протяжек и других режущих инструментов повышенной точности центровые отверстия подвергаются доводке с помощью чугунного притира и абразивной пасты.

У насадного инструмента главной технологической базой является отверстие, вспомогательными служат два торца заготов-

ки. Основной черновой базой служит наружная необработанная поверхность заготовки, а один из торцов может быть использован в качестве вспомогательной черновой базы. Правильное ориентирование заготовки достигается при помощи самоцентрирующих устройств, захватывающих наружную поверхность. Очевидно, что чем правильнее будет предварительно подрезаны торцы заготовки, тем точнее можно будет обработать технологические базы насадного инструмента.

При дальнейшей обработке заготовка устанавливается отверстием на оправку. Между отверстием заготовки и цилиндрической оправкой неизбежен зазор, а торец заготовки, в силу погрешностей при предварительной обработке, не будет строго перпендикулярен оси отверстия.

Поэтому на цилиндрических оправках производится обычно только предварительная обработка. Окончательную обработку по наружному диаметру на цилиндрической оправке можно производить лишь тогда, когда длина отверстия не меньше двух его диаметров при весьма малом зазоре между отверстием и оправкой и весьма малых отклонениях торцов заготовки от перпендикулярности к ее оси.

Надежнее установка заготовки с цилиндрическим отверстием на коническую оправку с малой конусностью, так как при этом можно обеспечить точное совпадение оси заготовки с осью оправки. Соприкосновение отверстия заготовки с оправкой происходит в трех точках и ограничиваются три степени свободы. Положение заготовки по длине остается неопределенным, но это не сказывается на дальнейшей точной обработке. На конических оправках обрабатывают режущий инструмент высокой точности.

Цанговая односторонняя оправка также обеспечивает касание с отверстием заготовки в трех точках, точно ориентируя последнюю по оси; в то же время, зажатие заготовки пружинящими частями цанги связывают и другие степени свободы, приводя к большей определенности установки.

Наконец, цанговая разжимная оправка со встречными прорезями и двумя коническими поверхностями ограничивает все шесть степеней свободы и дает полную определенность установки.

Отверстия в заготовках для насадного инструмента обрабатывают по 3 или 2-му классу точности растачиванием и развертыванием отверстия или протягиванием его. Далее заготовка запрессовывается или устанавливается на оправку для подрезки или шлифования торцов. На полученных таким образом технологических базах производится дальнейшая обработка. После термической обработки, перед окончательной чистовой обработкой, технологические базы должны быть исправлены. С этой целью отверстия и торцы инструмента вновь обрабатывают по 2 или 1-му классу точности, а в ряде случаев и точнее 1-го клас-

са (долбяки, зуборезные фрезы), т. е. шлифуют или шлифуют и доводят.

У инструментов с буртиками лучшие результаты получаются на внутршилифовальном станке при совместном шлифовании отверстия и торца, что обеспечивает перпендикулярность торца оси отверстия. При отсутствии приспособления для подрезания торца или при большой торцовой поверхности, сначала на плоскошлифовальном станке шлифуют один и другой торец, а потом, используя торец как базу, шлифуют отверстие. Если торцы (опорные поверхности) инструментов должны быть доведены, то доводка производится перед шлифованием отверстия.

Доводимые отверстия подвергают хонингованию или притирке. Последняя производится на сверлильном или доводочном станке чугунным разжимным притиром и абразивным микропорошком. Припуск на притирку составляет 0,01—0,05 мм на диаметр.

В тех случаях, когда после термообработки профиль фасонного инструмента не подвергается шлифованию, для уменьшения биения производится притирка нешлифованного отверстия со снятием припуска 0,02—0,05 мм на диаметр.

У режущих инструментов с зубьями при шлифовании отверстия принимают в качестве технологических баз наружные поверхности зубьев и установку производят в самоцентрирующих трехкулачковых или цанговых патронах. Затылованные инструменты можно закреплять в приспособлениях с центрированием по затылкам зубьев с помощью трех роликов.

Технологическими базами плоского режущего инструмента являются плоские поверхности. Главной установочной технологической базой служит самая большая поверхность. Направляющей технологической базой является самая длинная поверхность. В качестве опорной технологической базы используется самая малая поверхность. Обработка технологических баз — не ниже 5-го класса чистоты по ГОСТу 2789-59. Черновыми технологическими базами служат необработанные поверхности заготовки.

Технологические базы плоского режущего инструмента получаются путем фрезерования или плоского шлифования периферии круга на станках с прямоугольным или круглым столом. При изготовлении инструмента высокой точности (например, зубострогальные резцы) базовые поверхности после шлифования притирают. Технологические базы призматического инструмента протягиваются.

После термической обработки базовые поверхности плоского режущего инструмента вновь подвергаются обработке для исправления дефектов — шлифуются и доводятся притиркой, так как обработка их поверхности должна быть не ниже 8—7-го класса чистоты.

### 3. ВЫБОР МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ

Решающим для выбора методов обработки является тип производства, а также количество выпускаемых изделий.

При поточно-массовом изготовлении режущего инструмента на инструментальных заводах технологический процесс определяется в значительной мере темпом, т. е. равномерно повторяющимся промежутком времени, затрачиваемым в процессе производства на выпуск единицы продукции. При заданном режиме работы темп зависит исключительно от заданного выпуска и подсчитывается по формуле

$$t = \frac{T}{N} \text{ мин/шт}, \quad (1)$$

где  $t$  — темп работы в минутах на одну штуку;

$T$  — фонд рабочего времени в минутах (годовой, сменный или за другой период времени);

$N$  — выпуск в штуках за тот же период времени.

Штучное время каждой операции должно быть равно или кратно темпу, что требует соответственной разбивки технологического процесса на операции. Рабочие места поточной линии связаны между собой транспортными устройствами, перемещаемыми либо вручную (тележки, рольганги, желоба и др.), либо механически (конвейеры непрерывного или периодического действия).

Во избежание перебоев в работе поточной линии предусматриваются межоперационные заделы на рабочих местах. Но зато никаких промежуточных складов не требуется, размеры незавершенного производства снижаются и величина оборотного фонда материалов и заготовок уменьшается. Производительность труда, благодаря специализации на каждом рабочем месте, повышается. Длительность производственного цикла сокращается, значительно повышается оборачиваемость вложенных в производство средств.

В поточных линиях устанавливаются, кроме типичных для массового производства станков разного назначения, специальные инструментальные станки высокой производительности, полуавтоматы и автоматы для отрезных, токарных, сверлильных, фрезерных, шлифовальных, заточных, затыловочных, резьбовых и различных других работ. Количество типоразмеров таких специальных станков составляет около двухсот и непрерывно увеличивается. Специальные станки снабжаются режущим, вспомогательным и измерительным инструментом, подготовленным для быстрой и точной наладки и смены.

В зависимости от темпа производства применяются различные способы работы на станках: а) последовательный способ — когда обработка различных поверхностей заготовки производится одним инструментом последовательно от обработки одной поверхности к другой. Этот способ относится также и к обра-

ботке поверхностей нескольких деталей, установленных на станке последовательно; б) параллельный способ — когда обработка поверхностей производится несколькими инструментами одновременно; в) параллельно-последовательный способ, при котором изделие обрабатывается несколькими инструментами в каждом переходе, но сами переходы осуществляются последовательно.

Обработка может производится при одноинструментной или многоинструментной наладке станка. Построение операций технологического процесса, производится двумя методами: а) методом дифференциации и б) методом концентрации. Метод дифференциации характеризуется расчленением механической обработки изделия на ряд простых операций, выполняемых на простых операционных станках в массовом производстве. Метод концентрации операций характеризуется объединением нескольких простых операций в одну операцию. При этом методе вся обработка выполняется на небольшом количестве настроенных станков с многоинструментными наладками и многопозиционной обработкой (параллельная концентрация) или одним инструментом последовательно (последовательная концентрация). Метод концентрации операций может применяться при всех видах производства.

На выбор способа обработки влияют также форма, габаритные размеры и вес изделия.

Для выбора операции обработки составляют варианты, из которых исключают менее подходящие. С этой целью изучается форма и размеры заготовки, устанавливается сколько и как можно их разместить на столе станка или в приспособлении, какова будет сложность наладки, а при многоместной обработке, насколько велики будут холостые хода. Возможность совмещения переходов зависит от расположения обрабатываемых поверхностей и возможного размещения обрабатывающих инструментов. Так как высокая точность и чистота поверхности могут быть достигнуты только при отделочной обработке, ее выделяют в отдельную операцию или, по крайней мере, в отдельный переход.

Методы обработки зависят от объема выпуска продукции, а порядок намеченных переходов определяется окончательно при расчете припусков на обработку с учетом вида и характера заготовки.

Для нахождения оптимального варианта операций, сравниваются варианты, оставшиеся после отбора. Экономичность каждого из них определяется по производительности и всем другим признакам, которые могут быть приняты для поточной линии.

По выбранному варианту операции определяется тип станка и его наладки (одноинструментной или многоинструментной), а также приспособления (одноместного или многоместного) для установки обрабатываемых заготовок. Затем операция разраба-

тывается подробно с установлением модели станка, уточнением вопросов установки, назначением переходов, инструмента, режима работы и прочих данных.

В массовом производстве, как правило, применяется способ автоматического получения размеров, при котором обычно используют многоинструментные наладки. Эти наладки должны быть запроектированы с размещением инструмента по переходам, расчетом режимов резания, конструированием оснастки и составлением наладочной карты.

Технологические расчеты режимов резания сопровождаются определением настроек размеров, действующих сил, жесткости системы станок — заготовка — инструмент, ожидаемой точности обработки при заданных установочных и измерительных базах, величин рабочих и холостых ходов, чисел оборотов и пр.

Операции обработки при многостаночном обслуживании желательно сбалансировать, чтобы время выполнения каждой операции в группе объединенных станков было равно или кратно наименьшему и была обеспечена автоматичность выключения подач и переключений на станках.

Условия массового производства позволяют достигнуть исключительно высокого качества и однородности изготавливаемого режущего инструмента при самой низкой, в то же время, себестоимости его. Новые технологические процессы, высокопроизводительное оборудование и оснастка, поточные и автоматические линии, максимальная механизация и автоматизация транспортных и вспомогательных работ — все это, одновременно с современной организацией производства на основе применения счетно-решающих машин и других достижений кибернетики, обеспечивает инструментальной промышленности возможность полного удовлетворения потребности в высококачественном режущем инструменте.

Новые прогрессивные методы производства и соответствующее оборудование в значительной мере могут быть использованы и при серийном производстве режущего инструмента, например, станки с программным управлением, механизированные и автоматизированные приспособления и др.

В серийном производстве можно создавать групповые поточные линии, объединяющие сходные по форме и размерам детали разных наименований, имеющие общий технологический маршрут. На групповых линиях заготовки обрабатываются периодически определенными партиями и линия работает как непрерывно-поточная после переналадки, если последняя требуется.

Обрабатываемые заготовки для такой линии подбираются по типу и размерам оборудования для основных операций, по методу установки и типу приспособления, по требуемой точности и качеству обрабатываемых поверхностей.

При крупносерийном производстве со значительным объемом выпуска групповые поточные линии объединяют близкие по форме и размерам заготовки деталей двух-трех наименований; такие линии работают без переналадки. Если выпуск меньше, на такой линии можно обрабатывать заготовки ряда наименований с меньшей степенью технологического подобия. И здесь можно не прибегать к переналадке при условии, что за основу взят технологический маршрут наиболее сложных и трудоемких заготовок, по которому располагается оборудование, другие же заготовки проходят по линии с пропуском некоторых стакнов.

Линии, работающие с переналадкой оборудования и технологической оснастки при переходе к обработке другой заготовки, называются переменно-поточными. Иногда и на таких линиях возможна обработка с одной наладкой нескольких технологически близких заготовок. Переменно-поточные линии могут быть и автоматическими.

Группы деталей, сходных технологически по основным операциям, но из-за малой серийности выпуска не поддающихся обработке на групповой поточной линии, целесообразно изготавливать по типовому технологическому процессу. В этом случае можно использовать нормализованные приспособления и инструментальные наладки, что повышает степень оснащенности технологического процесса и ведет к снижению трудоемкости и себестоимости изготовления деталей. Типовые групповые наладки, используемые как в групповых поточных линиях, так и отдельно, следует рассматривать по отдельным типам стакнов.

Групповые технологические процессы проектируются в следующем порядке. Подбирается группа подходящих деталей, намечается общий маршрут обработки, даются ориентировочные схемы групповых наладок и ориентировочно определяется основное время обработки. Разрабатывается наладка для основных по объему выпуска и сложности деталей; к ним присоединяются остальные детали группы; определяется штучное время и загрузка станка. Уточняются требования к станку и, если требуется, устанавливается задание на модернизацию или специализацию универсального станка или на проектирование специального станка. Разрабатывается конструкция приспособлений и инструментальная наладка; уточняются параметры режима и окончательно подсчитывается норма времени. Составляется техническая документация со всеми данными для обработки каждой заготовки и чертежи компоновки.

В серийном производстве групповая наладка дает возможность применить высокопроизводительные технологические процессы, хорошо загрузить станок и исключить потерю времени на систематические переналадки.

Токарно-револьверные станки позволяют устанавливать