

Министерство образования Российской Федерации  
Государственное учреждение  
Кузбасский государственный технический университет

Кафедра технологии машиностроения

## **Технологическая подготовка обработки деталей на станках с ЧПУ**

Методические указания к практическому занятию по курсу  
«Технология машиностроения» для студентов специальности  
120100 «Технология машиностроения» и направления подготовки  
552900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроитель-  
ных производств»

Составитель Б.И. Коган

Утверждено на заседании кафедры  
Протокол №10 от 07.10.02

Рекомендовано к печати  
учебно-методической комиссией  
направления 552900  
Протокол №9 от 10.10.02

Электронная копия находится  
в библиотеке главного корпуса  
ГУ КузГТУ

Кемерово 2003

**1. Цель работы:** освоение методологии технологической подготовки обработки деталей на станках с числовым программным управлением (ЧПУ)

## **2. Общие сведения о станках с ЧПУ**

Одним из главных направлений автоматизации процессов механической обработки заготовок мелкосерийного и серийного машиностроения является применение станков с числовым программным управлением. Станки с ЧПУ обладают гибкостью и универсальностью, присущей универсальным станкам, точностью и производительностью, присущей станкам - автоматам.

Под числовым программным управлением понимают управление обработкой заготовки на станке по управляющей программе, в которой данные приведены в числовой форме. Управляющая программа представляет собой совокупность команд на языке программирования. Принципиальной отличительной особенностью станков с ЧПУ является отсутствие у них физических носителей выдерживаемых размеров (упоров, кулачков, копиров). Движение инструмента задается последовательностью положений в числовой форме на программоносителе.

## **3. Особенности технологической подготовки производства при применении станков с ЧПУ**

Технологическая подготовка производства предусматривает комплекс работ, дающих возможность приступить к изготовлению нового изделия в заданном объёме. Особенности технологической подготовки производства при использовании станков с ЧПУ вытекают из того, что значительная часть работы из сферы непосредственного производства переносится в область его технологической подготовки. Действия рабочего заменяются обработкой по управляющей программе.

В связи с этим все особенности можно разделить на две группы.

Во-первых, технологическая подготовка производства при использовании станков с ЧПУ включает решение ряда новых задач, которых не было при подготовке производства на базе станков с ручным управлением.

Создается новый вид технологической документации - управляющая программа, в которой траектория движения инструмента, скорости

его перемещения записываются в числовой форме на специальном программоносителе.

Во-вторых, возрастает сложность технологических задач и трудоемкость проектирования технологического процесса.

1. Необходима детальная разработка попереходной технологии. Устанавливается не только траектория движения инструмента при резании, но и исходное положение, траектория при отходе, врезании, отводе и т.п.

2. Требуется высокая квалификация технолога, а требования к квалификации операторов снижаются. Технологу должен обладать не только знаниями технологии, но и вычислительной техники, то есть требуется новая специальность – технолог-программист.

3. Необходима точная увязка траектории автоматического движения инструмента с системой координат станка, исходной точкой и положением заготовки. Это требует пересчета размеров деталей от какой-то одной точки вне детали, которая называется «нулевой», то есть на станке выбирается точка, от которой считается начало движений инструмента. Обычно нулевую точку совмещают с базовой точкой узла, несущего заготовку так, чтобы все перемещения отсчитывались в положительных координатах.

В общем виде технологическая подготовка производства при использовании станков с ЧПУ включает следующие этапы.

1. Выбор номенклатуры деталей, подлежащих изготовлению на станках с ЧПУ, и анализ технологичности их конструкций.

2. Разработка технологического процесса.

3. Расчет управляющей программы, который включает:

- графическое построение и расчет траектории движения инструмента по опорным точкам;
- кодирование программы обработки;
- запись на программоносителе.

4. Контроль управляющей программы с помощью специальных средств (координатографы) и внесение необходимых исправлений.

5. Пробная обработка детали на станке с ЧПУ.

6. Контроль обработанной детали и внесение исправлений в программу или технологический процесс.

7. Обработка партии деталей.

#### **4. Рекомендации по выбору деталей, изготавливаемых на станках с ЧПУ. Требования к заготовкам**

Основным условием эффективного использования станков с ЧПУ является рациональный подбор номенклатуры деталей, подлежащих изготовлению на этих станках. Ниже приводятся основные требования по выбору деталей для обработки на станках с ЧПУ.

1. Детали должны иметь сложную форму или криволинейные поверхности, для изготовления которых на универсальных станках требуется специальная технологическая оснастка, фасонный режущий инструмент и затрачивается значительное вспомогательное время.

2. Конфигурация деталей должна позволять концентрировать как можно большее число операций в одну. Число операций, выполняемых на универсальном станке, должно быть больше, чем при обработке на станке с ЧПУ. Например, у корпусных деталей обрабатываемые поверхности должны быть сосредоточены на четырёх боковых сторонах детали, что позволяет обрабатывать деталь за одну установку на поворотном столе. Остальные две поверхности детали не должны обрабатываться или подвергаться минимальной обработке.

3. Возможность установки и закрепления заготовки на станке посредством простейших приспособлений.

4. Обрабатываемые детали не должны иметь длинных расточек, требующих применения борштанг.

5. Требования к соосности отверстий в противоположных стенках не должны быть строгими, т.к. обработка этих отверстий производится с поворотом стола на 180 градусов. При этом, если ось отверстия не проходит через центр стола, дополнительно требуется перемещение стола по горизонтальной координате.

6. Обработка деталей не должна содержать операций, требующих настройки инструментов в процессе работы станка. Желательно настраивать инструмент на размер вне станка.

7. Общее число инструментов, требующихся для обработки детали, должно быть минимальным. Это достигается унификацией размеров отверстий, резьб, канавок, фасок и т.д.

К заготовкам деталей, изготавливаемых на станке с ЧПУ, предъявляются дополнительные требования.

1. Припуски и допуски должны быть минимальными. Рекомендуется их уменьшать на 10...30 % по сравнению с обработкой на станке с

ручным управлением. В случае больших колебаний припусков у заготовок предварительную обработку (обдирку) целесообразно выполнять на универсальных станках.

2. Твёрдость заготовок должна колебаться в небольших пределах для возможности регулировать время смены инструментов по стойкости.

3. Наличие технологических баз, удовлетворяющих условию совмещения координатных осей заготовки с осями координатной системы станка

Ужесточение требований по точности и свойствам материала заготовок, обрабатываемых на станках с ЧПУ, объясняется необходимостью уменьшить нагрузку на станок, уменьшить количество стружки, образующейся при обработке, создает наиболее благоприятные условия работы режущего станка.

## **5. Требования к технологичности конструкции деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ**

Конструкция детали является технологичной, если при её изготовлении затраты материала, времени и средств минимальны.

Требования к технологичности деталей для станков с ЧПУ существенно отличаются от требований при использовании обычных станков. Так, например, для универсальных станков нетехнологичными являются сложные контуры деталей и криволинейные поверхности, описываемые математическими зависимостями (резьбы с переменным шагом, спирали и т.п.), тогда как для станков с ЧПУ такие детали технологичны. Значительно большее значение для обработки на станках с ЧПУ имеет унификация размеров (канавок, фасок, галтелей и т.п.). Кроме требований к технологичности деталей с точки зрения обработки при анализе технологичности деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ, необходимо дополнительно учитывать следующее:

- возможность автоматического контроля;
- возможность захвата и транспортирования заготовок при изготовлении;
- надёжное удаление стружки;
- максимальное упрощение программирования;
- обеспечение благоприятных условий работы режущего инструмента.

Комплекс критериев технологичности деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ, делится на две группы. Первая группа критериев определяет общие требования к детали; во вторую группу входят критерии технологичности, относящиеся к обрабатываемой поверхности.

К общим требованиям относятся:

- обоснованный выбор материала детали и увязка требований качества поверхностного слоя с маркой материала;
- обеспечение достаточной жесткости конструкции;
- наличие или создание искусственных надёжных технологических баз, используемых при обработке и захвате заготовки промышленным роботом; наличие элементов, удобных для закрепления заготовки в приспособлении, причём зажимные элементы должны обеспечивать доступ для обработки всех поверхностей детали;
- возможность обработки максимального числа поверхностей с одного установка с использованием в основном консольно закреплённого инструмента;
- отсутствие или сведение к минимуму глухих отверстий и отверстий, расположенных не под прямым углом к обрабатываемой поверхности;
- максимально возможная унификация формы и размеров обрабатываемых элементов для обеспечения минимального числа инструментов и использования типовых подпрограмм;
- задание координат обрабатываемых элементов с учетом возможностей устройства ЧПУ станка;
- форма детали должна быть удобная для автоматического контроля и обеспечения легкого удаления стружки.

В качестве примера технологичности корпусных деталей, обрабатываемых на многооперационных станках с ЧПУ, выборочно можно отметить:

- желательно задавать координаты отверстий в прямоугольной системе координат;
- унифицировать размеры основных отверстий и размеров глубин резьбовых отверстий с целью сокращения числа инструментов в магазинах;
- при растачивании отверстий обеспечить отношение  $l/d < 5 \dots 6$ ;
- увеличивать радиусы фрезерования для увеличения стойкости фрез;
- нежелательно располагать окна, карманы, занижения на плоско-

стях;

- избегать резьбовых отверстий меньше М6;
- заменять углубления платиками;
- располагать обрабатываемые отверстия на одном уровне;
- переносить обрабатываемые поверхности на одну сторону;
- применять симметричные конструкции.

## **6. Особенности проектирования технологических процессов для станков с ЧПУ**

При проектировании технологических процессов для станков с ЧПУ вопросы базирования, последовательности и содержания переходов, выбора приспособления, инструмента, назначения режимов резания и нормирования имеют свои особенности.

### **6.1 Выбор технологических баз и приспособлений**

Базирование деталей в условиях программной обработки усложняется. Особенности базирования деталей на станках с ЧПУ связаны с тем, что в отличие от обработки на универсальных станках, когда точность размеров выдерживается относительно технологических баз, при обработке заготовок на станках с ЧПУ точность размеров обеспечивается относительно начала отсчёта координатной системы станка. Поэтому для получения требуемых размеров детали необходимо точно согласовать положение заготовки и инструмента в системе координат станка.

При выборе базирования большое значение имеет правильный выбор и взаимная увязка систем координат.

На станках с ЧПУ различают три системы координат.

1. Система координат станка.
2. Система координат детали.
3. Система координат инструмента.

*Система координат станка (СКС)*, в которой определяется положение рабочих органов станка и других систем координат, является основной. Перемещение рабочих органов станка по трем взаимно перпендикулярным направлениям с нулём отсчёта станка представляет собой СКС. Начало СКС называют нулем станка, т.е. это точка с нулевыми значениями положения рабочих органов станка. Обычно нуль станка

совмещают с базовой точкой узла, несущего заготовку, чтобы все перемещения рабочих органов станка описывались в положительных координатах.

Базовыми точками служат:

- для шпинделя – точка пересечения торца шпинделя с осью его вращения;
- для крестового стола – точка пересечения его диагоналей;
- для поворотного стола – точка пересечения плоскости с осью вращения.

*Система координат детали (СКД)* служит для задания координат опорных точек обрабатываемых поверхностей. Опорными называют точки начала, конца, пересечения или касания геометрических элементов, из которых образованы контур детали и траектория движения инструмента при обработке. Точку на детали, относительно которой заданы ее размеры, называют нуль детали. При выборе СКД следует:

- принимать направления осей такими же, как направления осей в СКС;
- нуль детали располагать так, чтобы все или большая часть координат опорных точек имели положительное значение;
- координатные плоскости СКД совмещать или располагать параллельно технологическим базам детали;
- координатные оси совмещать с возможно большим числом размерных линий или осей симметрии.

*Система координат инструмента (СКИ)* предназначена для задания положения его режущего лезвия. Оси СКИ параллельны и направлены в ту же сторону, что и оси СКС. Начало СКИ выбирают с учетом особенностей установки инструмента на станке.

Заданное расположение поверхностей детали будет достигнуто в двух случаях: если заготовка и инструмент установлены в определенном положении в системе координат станка, т.е. точно известно положение СКИ и СКД в СКС или, если все системы совмещены.

Таким образом, технологические базы, кроме их традиционного назначения, должны удовлетворять условию совмещения координатных осей заготовки с осями координат системы станка. Это упрощает программирование и облегчает увязку нуля заготовки с нулем станка.

В ряде случаев для обеспечения необходимой точности технологические базы подготавливают заранее – обработкой на универсальных станках или создаются искусственные технологические базы.

Базирование деталей типа тел вращения имеет свои особенности. Это связано с тем, что при установке их в центрах или самоцентрирующих патронах необходимо постоянство положения базового торца. Поэтому при установке в центрах на токарных станках с ЧПУ применяются двух- и трех кулачковые поводковые патроны с плавающим центром.

Принятая схема базирования определяет конструкцию приспособления, которая для станков с ЧПУ имеет ряд особенностей.

1. Приспособления для станков с ЧПУ должны иметь повышенную точность и жесткость для обеспечения высокой точности обработки при максимальном использовании мощности станка.

2. Приспособления должны обеспечивать свободный подход инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. Это вытекает из того, что станки с ЧПУ позволяют обрабатывать заготовку последовательно с нескольких сторон. Например, на токарных станках с ЧПУ для обработки валов без переустановки применяют специальные поводковые центра, вращающие заготовку за торец.

3. Приспособления должны допускать смену заготовок во время работы станка. Для этого необходимо предусматривать возможность быстрого съема и установки приспособления для смены заготовки вне станка во время обработки заготовки в приспособлении-дублере.

4. Приспособления должны быть быстросменными и переналаживаемыми. Наиболее эффективно применение переналаживаемых приспособлений, обеспечивающих обработку широкой номенклатуры заготовок за счет перекомпоновки, смены или регулирования установочных и зажимных элементов.

К приспособлениям, применяемым на станках с ЧПУ, относят следующие:

- универсально-безналадочные (центры, оправки, патроны);
- универсально-наладочные;
- универсально-сборные;
- универсально-сборные механизированные;
- сборно-разборные.

В серийном производстве могут применяться специализированные наладочные приспособления, которые обеспечивают базирование и закрепление типовых по конфигурации заготовок различных размеров в заданном диапазоне.

Неразборные специальные приспособления применяют лишь в тех

случаях, если не подходит ни одна из универсальных переналаживаемых систем.

## **6.2. Последовательность проектирования х технологически операций**

Количество переходов при проектировании операций для каждой поверхности назначается в соответствии с типовыми схемами обработки в зависимости от заданной точности. При этом надо учитывать типовые циклы обработки отдельных поверхностей и схемы перемещения инструмента.

Порядок выполнения переходов обработки при изготовлении деталей на станках с ЧПУ и на универсальных станках с ручным управлением принципиально одинаков. Отличие заключается в большей концентрации переходов обработки на одном станке и тенденции полностью обработать заготовку за один установ (если механическая обработка не прерывается термической обработкой). При назначении последовательности обработки необходимо учитывать, что из-за снятия значительного количества металла может измениться жесткость отдельных элементов детали.

Выбранная последовательность обработки должна быть увязана с технологическими возможностями станка и окончательно принимается после выбора приспособления и инструмента. Разработка последовательности выполнения переходов должна основываться на принципах:

- обеспечения максимально возможной и целесообразной концентрации переходов в одной операции;
- работы с оптимальными припусками и минимальными напусками, что позволяет сократить номенклатуру режущего инструмента, повысить точность и производительность обработки, упростить удаление стружки;
- минимального вспомогательного времени с учетом затрат времени на позиционирование, вспомогательные ходы, смену инструмента, поворот стола и т.д.;
- максимального учета возможностей станков и ограничений по точностным параметрам станков, длине консольного инструмента (обработка отверстий длиной не более 6 диаметров), диаметру фрез и т.д.

При обработке валов на токарных станках с ЧПУ имеются особенности.

1. Заготовки для обработки в центрах должны иметь центровые отверстия и хотя бы один обработанный торец

2. Предварительные операции для заготовок могут включать не только обработку торцов и центрование, но и другие операции, выполняемые на концах вала: сверление отверстий, нарезание в них резьбы, глубокое сверление, растачивание центрального отверстия и т.п.

3. Предварительные операции создают условия для последующей токарной обработки вала за один установ. Для некоторых поверхностей эти операции являются окончательными и это повышает требования к точности их выполнения.

4. Жесткие заготовки обрабатывать за один-два установка. При обработке используют правые и левые резцы.

5. Термоулучшение заготовки проводить перед обработкой на токарном станке с ЧПУ.

При токарной обработке втулок и фланцев можно отметить следующие особенности:

1. Чем меньше врезаний резца в необработанную поверхность, тем выше надежность его работы. Поэтому рекомендуется произвести сначала один рабочий ход резцом по торцевой поверхности в направлении оси заготовки и один рабочий ход по цилиндрической поверхности, параллельно этой оси. Дальнейшая траектория перемещения резца выбирается исходя из условия минимального числа рабочих ходов.

2. При обработке отверстий вместо зенкерования и развертывания применять растачивание, которое более производительное и обеспечивает более качественную поверхность. Применение зенкеров и разверток целесообразно при обработке больших партий заготовок или отверстий малого диаметра

3. В ряде случаев для заготовок необходима предварительная обработка для создания надежных технологических баз.

Обработка корпусных заготовок на многооперационных станках имеет также ряд особенностей:

1. В первую очередь фрезеруются торцевой или концевой фрезой наружные плоские поверхности, затем уступы, пазы, выступы. Затем фрезеруют внутренние плоские поверхности и пазы, расположенные на некотором расстоянии от наружных плоских поверхностей детали.

2. Последовательность переходов фрезерования плоскостей, расположенных на различных сторонах детали, зависит от точности их относительного расположения и затрат времени на смену инструмента,

поворот стола и перемещение узлов станка.

При чистовой обработке плоскостей следует максимально приближать друг к другу чистовые переходы, стремясь уменьшить число изменений положения инструмента и детали, влияющих на точность обработки.

3. При выполнении сверлильно-расточных переходов сначала осуществляют черновые переходы обработки основных отверстий и отверстий диаметром более 30 мм в сплошном металле, затем аналогичные переходы обработки отверстий детали, полученных в заготовке. Далее обрабатывают торцовые поверхности, канавки, фаски и другие поверхности, точность которых ниже точности станка. После осуществления указанных выше переходов должна быть выполнена получистовая и чистовая обработка основных отверстий, а также торцов, канавок, точность которых соизмерима с точностью станка

4. Перед выполнением чистовых переходов рекомендуется удалить из внутренних полостей заготовки стружку, аккумулирующую значительное количество теплоты, чтобы уменьшить температурные деформации заготовки.

Заключительными переходами обработки корпусов являются переходы обработки вспомогательных отверстий. Последовательность этих переходов возможна по трем вариантам.

1. Обработка каждого отверстия осуществляется полностью по всем требуемым переходам. Все переходы выполняются при одном положении детали относительно шпинделя станка. После выполнения всех переходов для одного отверстия деталь перемещают для обработки следующего. После обработки всех отверстий с одной стороны детали производят ее поворот для обработки отверстий с другой стороны.

Данный вариант применяется при обработке основных отверстий сложной формы с высокой точностью.

2. Одним инструментом последовательно обрабатывают одинаковые отверстия, расположенные с одной стороны детали, после чего меняют инструмент и выполняется следующий переход для этих отверстий. После обработки отверстий, расположенных с одной стороны детали ее поворачивают для аналогичной обработки с другой стороны.

Данный вариант применяется при небольшом числе переходов, необходимых для обработки одного отверстия, а число одинаковых отверстий велико.

3. Одним инструментом осуществляется первый переход обработ-

ки одинаковых отверстий, расположенных с одной стороны детали, а затем последовательно со всех сторон детали. После завершения первого перехода обработки одинаковых отверстий со всех сторон детали происходит смена инструмента, и цикл повторяется для второго и последующего переходов.

Данный вариант применяется при большом числе одинаковых отверстий с различных сторон детали или в тех случаях, когда время, затрачиваемое на смену инструмента, значительно превышает время поворота стола

Проектирование технологических переходов кроме определения их состава и последовательности включает построение траектории движения инструмента на каждом переходе. Построение рациональной траектории движения инструмента на рабочих и вспомогательных ходах является одной из основных задач разработки технологического процесса

Перемещение инструмента при рабочих ходах на чистовых переходах осуществляется по эквидистанте. Характер эквидистанты отражает форму детали и режущей части инструмента. Эквидистанта формируется из геометрических элементов, которые соединяются пересечением или касанием.

Точки перехода одного геометрического элемента к другому называют опорными. В управляющей программе эквидистанту задают в виде координат опорных точек. Эти координаты определяют по чертежным размерам детали с использованием формул геометрии.

При проектировании вспомогательных перемещений инструмента следует учитывать следующее:

- подвод инструмента к обрабатываемой поверхности и отвод осуществляется по специальным траекториям вспомогательных перемещений, обеспечивающим врезание по касательным со своевременным переходом с вспомогательного хода на рабочий;
- остановка или резкое изменение подачи фрезы при резании недопустимы, так как это приводит к повреждениям поверхности или инструмента;
  - длина вспомогательных ходов должна быть минимальной;
  - для устранения влияния на точность обработки зазоров станка предусматривать дополнительные петлеобразные переходы при реверсе;
- траектория инструмента не должна пересекаться с элементами

приспособления.

### 6.3. Выбор режущего и вспомогательного инструмента

Режущие инструменты для станков с ЧПУ должны отвечать следующим требованиям:

- высокая режущая способность;
- благоприятные условия стружкоотвода;
- высокая стойкость;
- возможность настройки на размер вне станка;
- технологичность в изготовлении;
- повышенная точность и жесткость;
- быстросменность;
- надежность.

На станках с ЧПУ оправдано применение более дорогостоящего и допускающего более высокие режимы резания инструмента.

Режущий инструмент для станков с ЧПУ может быть как стандартным, так и специальной конструкции. Специальные конструкции делятся на комбинированные и модульные.

Комбинированный инструмент применяется при относительно большой серийности обработки. Его применение позволяет сокращать штучное время за счет уменьшения времени резания и вспомогательного времени. К комбинированному инструменту относят: ступенчатые сверла и зенкеры, комбинированный расточной инструмент, двузубые расточные регулируемые головки, наборы фрез, закрепленные на консольной оправке и т.п.

В модульных конструкциях режущего инструмента применяются многогранные неперетачиваемые твердосплавные пластины с механическим креплением. Применение пластин обеспечивает стабильность процесса резания.

Режущий инструмент, применяемый на станках с ЧПУ, принято подразделять на мерный, немерный и промежуточный. Такая классификация вызвана необходимостью компенсации износа инструмента с помощью системы ЧПУ. К мерным инструментам относят зенкеры, развертки, метчики. К немерным относят резцы, у которых вершина режущей кромки не имеет точных расстояний от трех базовых поверхностей. К промежуточным относят стандартные сверла, которые в диаметральном направлении являются мерными, а в осевом занимают пе-

ременное положение в зависимости от числа переточек.

Конструкция вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ определяется двумя основными элементами: присоединительными поверхностями для крепления его на станке и крепления режущего инструмента на нем. При автоматической смене и закреплении режущего инструмента конструкция хвостовика вспомогательного инструмента зависит от конструкции устройства, осуществляющего смену инструмента.

В соответствии с действующими стандартами хвостовики вспомогательного инструмента изготавливают с одним фланцем (для станков с ЧПУ с ручной сменой инструмента) или с двумя фланцами (для станков с ЧПУ с автоматической сменой).

Для исключения пробных рабочих ходов конструкция вспомогательного инструмента должна обеспечивать регулирование положения режущих кромок. Это вызывает необходимость применять разнообразные переходники, у которых хвостовик сконструирован для конкретного станка, а передняя зажимная часть – для режущего инструмента со стандартными присоединительными поверхностями.

К вспомогательному инструменту, применяемому на станках с ЧПУ, предъявляют следующие требования: -

- номенклатура и стоимость инструмента должна быть минимальной;
- крепление режущего инструмента должно обеспечивать требуемую точность, жесткость и виброустойчивость;
- обеспечивал» при необходимости возможность регулирования положения режущих кромок инструмента;
  - удобство в обслуживании;
  - быстросменность;
  - технологичность в изготовлении.

#### **6.4. Назначение режимов обработки**

Выбор режимов обработки является комплексной технико-экономической задачей, решение которой заключается в определении режимов, обеспечивающих минимальные затраты на обработку при заданных технических ограничениях. Эффективность использования станков с ЧПУ в определенной мере определяется выбором рациональных режимов, обеспечивающих увеличение надежности и производи-

тельности. Повышение надежности обработки при работе на предельных значениях глубины резания и подачи может быть достигнуто за счет устранения технологических перегрузок, возникающих в момент врезания и выхода инструмента.

Системы ЧПУ позволяют автоматически уменьшать подачу в момент врезания инструмента в материал заготовки, а после начала резания увеличивать до рабочей.

Расчет режимов резания при программировании затруднен по следующим причинам:

- в деталях сложной конфигурации при рабочих ходах изменяется глубина резания и ширина фрезерования;
- необходимо учитывать влияние ряда случайных факторов: колебание величины припусков и твердости заготовок, качество поверхностного слоя, его структуру и др.;
- невозможность учесть все изменения в технологической системе при обработке под воздействием сил резания, а также возможность возникновения вибраций.

При обработке заготовок на универсальных станках рабочий при необходимости может изменить режимы резания на приемлемые. На станках с ЧПУ оператор в большинстве случаев непосредственно не управляет станком, а режимы резания определяются квалифицированными технологами.

При назначении режимов резания для обработки на станках с ЧПУ с револьверной головкой или инструментальным магазином главное состоит в том, чтобы назначить наиболее рациональное сочетание элементов режимов резания для всех участвующих в работе инструментов. Это необходимо для того, чтобы смену всех инструментов производить одновременно и простои станков из-за смены инструментов свести к минимуму.

В связи с высокой стоимостью станков с ЧПУ, применением инструментов с предварительной настройкой на размер, быстросменной оснасткой, возможностью автоматической смены чисел оборотов в соответствии с заданной программой периоды стойкости инструментов выбирают более низкими, чем рекомендуется, а режимы обработки более высокими.

Для выбора режимов резания на станках с ЧПУ используются специальные нормативы.

Состав времени организационного и технического обслуживания аналогичен составу времени для станков с ручным управлением и определяется в процентах от оперативного времени.

Подготовительно-заключительное время, входящее в состав штучно-калькуляционного времени, при обработке на станках с ЧПУ состоит из следующих трех элементов.

1. Затраты времени на получение наряда, чертежа, документации на рабочем месте в начале работы и на сдачу в конце смены. Принята единая форма для всех станков с ЧПУ, равная 12 мин.

2. Затраты, учитывающие дополнительные работы: установка приспособления, установка инструмента, наладка станка и инструмента и др. В нормативы времени на наладку станка не входит время на настройку и сборку инструментальных блоков и оправок с инструментом, сборку универсально-сборочных приспособлений для установки и крепления заготовок при обработке, на разработку управляющей программы и др. Затраты на эти операции учитывают отдельно, т.к. их выполняют вне станка

3. Время на пробную обработку детали. Это время учитывают в тех случаях, когда на станке не производится коррекция инструмента. На станке, на котором после обработки первой детали проводят коррекцию инструмента (многооперационные), это время включено в нормативы на техническое обслуживание станков.

Нормативы времени на работы, выполняемые на станках с ЧПУ, приведены в справочниках.

На станках с оперативной системой управления особенности нормирования связаны с затратами времени на ввод и отладку управляющей программы. На таких станках возможны три варианта работы.

1. Программу составляет оператор по чертежу детали и вводит в станок с клавиш (единичное производство, неповторяющиеся партии деталей).

2. Программу записывает технолог на бланке, а оператор вводит ее в станок с клавиш (мелкосерийное производство).

3. Программу записывают на магнитной ленте или диске и вводят в станок с внешней памяти (среднесерийное производство).

При работе на станках с оперативной системой управления в подготовительно-заключительное время (при работе по первому варианту) входит ввод программы с клавиш (около 25 мин), привязка инструмента к системе (около 20 мин). При работе по 2-му и 3-му вариантам пре-

дусмотрена наладка инструментов вне станка.

## **6.5. Нормирование операций, выполняемых на станках с ЧПУ**

Расчет штучного времени обработки детали производится по единой формуле, применяемой для станков с ручным управлением, включающей основное время, вспомогательное время, время обслуживания рабочего места и время, необходимое на отдых и личные потребности. Элементы штучного времени определяются так же, как и для случаев обработки на станках с ручным управлением.

Отличие нормирования для станков с ЧПУ от станков с ручным управлением заключается в разном составе вспомогательного и подготовительно-заключительного времени.

Вспомогательное время для станков с ЧПУ состоит из времени на установку и снятие детали и машинно-вспомогательного времени.

Так как способы установки и закрепления заготовок при обработке на станках с ЧПУ принципиально не отличаются от способов, применяемых на станках с ручным управлением, то время на установку и закрепление определяют по нормативам для станков с ручным управлением. На станках со сменными палетами-спутниками учитывается только время на смену палеты и перемещение стола в рабочую позицию.

Машинно-вспомогательное время включает комплекс приемов, затрачиваемых на:

- ускоренное перемещение рабочих органов станка;
- смену инструмента (поворот револьверной головки или смену автооператором из инструментального магазина);
- позиционирование (поворот стола).

Эти элементы времени зависят от скоростей перемещений рабочих органов и длины перемещений. При программировании следует учитывать возможность совмещения приемов и назначать такую последовательность выполнения переходов обработки, чтобы машинно-вспомогательное время было минимальным. Например, при обработке на станках с крестовым столом и поворотной револьверной головкой следует полностью с одного позиционирования обрабатывать каждое отверстие, т.к. время на смену инструмента значительно меньше времени на позиционирование. Для многооперационных станков с магазином целесообразно проводить обработку всех отверстий сначала одним, а

затем другим инструментом, т.к. время смены инструмента у них значительно превышает время позиционирования.

Во всех вариантах предусматривают проверку управляющей программы в покадровом режиме – 10 мин, установку кассеты или диска – 2 мин. С учетом составления и редактирования программы (около 45 мин) общее подготовительно-заключительное время может быть большим. Варианты 2 и 3 обеспечивают значительное сокращение этого времени.

## 6.6. Технологическая документация

Технологическая документация технологических процессов для станков с ЧПУ имеет больший объем и трудоемкость, чем для другого оборудования.

В дополнении к документации, применяемой для универсальных станков, согласно стандартам необходимо разрабатывать:

- карту наладки инструмента;
- карту кодирования информации;
- карту заказа на разработку управляющей программы;
- ведомость обрабатываемых деталей.

*В карте наладки инструмента* указывается полный состав вспомогательного и режущего инструмента в технологической последовательности с указанием наладочных размеров, опорных точек, корректируемых размеров и номеров корректора.

*Карта кодирования информации* необходима для кодирования информации при разработке управляющих программ.

*Карта заказа на разработку управляющей программы* служит для указания исходных величин, необходимых при разработке управляющей программы.

*Ведомость обрабатываемых деталей* служит для указания исходных данных, необходимых для расчета загрузки одной единицы оборудования с ЧПУ.

Последние два документа относятся к вспомогательным и разрабатываются по усмотрению разработчика

Состав остальной технологической документации аналогичен документам, применяемым для описания технологических процессов, выполняемых на универсальных станках (табл. 1).

**Виды документов на технологические процессы,  
выполняемые на станках с ЧПУ (ГОСТ 3.1404-86)**

Вид документ	Наименование документа	Форма
Основной	Маршрутная карта (МК)*	1, 1,а, 1,б
	Карта технологического процесса (КТП)* *	1, 1,а
	Операционная карта (ОК)	2, 2,а, 3
	Карта наладки инструмента (КНИ)	4, 4,а
	Карта кодирования информации (КНИ)	5, 5,а
	Карта эскизов (КЭ)	7,а
Вспомогательный	Карта заказа на разработку управляющей программы (КЗ/Л)***	6, 6,а
	Ведомость обрабатываемых деталей (ВОД)***	7, 7,а

\* Применяется при маршрутном и маршрутно-операционном описании

\*\* Применяется при операционном описании технологического процесса

\*\*\* Разрабатывается по усмотрению разработчика

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое числовое программное управление?
2. Сущность и особенности технологической подготовки производства при использовании станков с ЧПУ.
3. Требования к деталям, обработка которых возможна на станках с ЧПУ.
4. Технологичность конструкций деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ.
5. Выбор технологических баз при обработке деталей на станках с ЧПУ.
6. Последовательность проектирования технологических операций на станках с ЧПУ.
7. Специфика выбора инструментов.
8. Назначение режимов обработки.

9. Нормирование операций, выполняемых на станках с ЧПУ.
10. Содержание технологической документации для станков с ЧПУ.

### **Литература**

1. Солнышкин Н.П. Технологические процессы в машиностроении. / Н.П. Солнышкин, А.Б. Чижевский, С.И. Дмитриев. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 344 с.

## Содержание

1. Цель работы.....	1
2. Общие сведения о станках с ЧПУ.....	1
3. Особенности технологической подготовки производства при применении станков с ЧПУ.....	1
4. Рекомендации по выбору деталей, изготавливаемых на станках с ЧПУ. Требования к заготовкам.....	3
5. Требования к технологичности конструкции деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ.....	4
6. Особенности проектирования технологических процессов для станков с ЧПУ.....	6
6.1 Выбор технологических баз и приспособлений.....	6
6.2. Последовательность проектирования технологических операций.....	9
6.3.Выбор режущего и вспомогательного инструмента.....	13
6.4. Назначение режимов обработки.....	14
6.5. Нормирование операций, выполняемых на станках с ЧПУ....	16
6.6. Технологическая документация.....	18
Литература.....	20

Составитель  
Борис Исаевич Коган

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ  
НА СТАНКАХ С ЧПУ

Методические указания к практическому занятию по курсу  
«Технология машиностроения» для студентов специальности  
120100 «Технология машиностроения» и направления подготовки  
552900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроитель-  
ных производств»

Редактор З.М. Савина.

Подписано в печать 13.11.02. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Уч.-изд. л. 1,3. Тираж 80 экз. Заказ.....

ГУ КузГТУ.

650026, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Типография ГУ КузГТУ.

650099, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4 «А».