

Межеев Павел Николаевич
Главный специалист «Управления главного технолога»
АО «НПО ЭНЕРГОМАШ»
Россия, г. Химки

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ТОЧНОСТЬ РАБОТЫ СТАНКОВ С ЧПУ

Аннотация. В статье анализируются факторы, влияющие на точность и качество работы станков с ЧПУ. Рассматриваются преимущества и недостатки станков с ЧПУ. Выявляются конструктивные особенности станков с ЧПУ, обусловленные влиянием на точность и качество работы станков.

Ключевые слова: станок с ЧПУ, точность и качество, числовое программное управление, управляющая программа.

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE ACCURACY OF CNC MACHINES

Annotation. The article analyzes the factors affecting the accuracy and quality of work of CNC machines. The advantages and disadvantages of CNC machines are considered. The design features of CNC machines are revealed, due to the influence on the accuracy and quality of machine work.

Key words: CNC machine, precision and quality, numerical control, control program.

Введение

Станки с ЧПУ должны обеспечивать высокие точность и скорость отработки перемещений, заданных УП, а также сохранить эту точность в

заданных пределах при длительной эксплуатации. Конструкция станков с ЧПУ должна, как правило, обеспечивать совмещение различных видов обработки, автоматизацию загрузки и выгрузки деталей, автоматическое или дистанционное управление сменой инструмента, возможность встройки в общую автоматическую систему управления. Высокая точность обработки определяется точностью изготовления и жесткостью станка. В конструкциях станков с ЧПУ используют короткие кинематические цепи, что повышает статическую и динамическую жесткость станков. Для всех исполнительных органов применяют автономные приводы с минимально возможным числом механических передач. Эти приводы должны иметь высокое быстродействие.

Точность станков с ЧПУ повышается в результате устранения зазоров в передаточных механизмах приводов, уменьшения потерь на трение в направляющих и механизмах, повышения виброустойчивости, снижения тепловых деформаций.

Общие сведения о станках с ЧПУ

Под управлением станком принято понимать совокупность воздействий на его механизмы, обеспечивающие выполнение технологического цикла обработки, а под системой управления - устройство или совокупность, реализующих эти воздействия.

Числовое программное управление (ЧПУ) - это управление, при котором программу задают в виде записанного на каком-либо носителе массива информации. Управляющая информация для систем ЧПУ является дискретной, и ее обработка в процессе управления осуществляется цифровыми методами. Управление технологическими циклами практически повсеместно осуществляется с помощью программируемых логических контроллеров, реализуемых на основе принципов цифровых электронных вычислительных устройств. Системы ЧПУ практически вытесняют другие типы систем управления.

По технологическому назначению и функциональным возможностям системы ЧПУ подразделяют на четыре группы:

-позиционные, в которых задают только координаты конечных точек положения исполнительных органов после выполнения ими определенных элементов рабочего цикла;

-контурные, или непрерывные, управляющие движением исполнительного органа по заданной криволинейной траектории;

-универсальные (комбинированные), в которых осуществляется программирование как перемещений при позиционировании, так и движения исполнительных органов по траектории, а также смены инструментов и загрузки-выгрузки заготовок;

-многоконтурные системы, обеспечивающие одновременное или последовательное управление функционированием ряда узлов и механизмов станка.

По способу подготовки и ввода управляющей программы различают так называемые оперативные системы ЧПУ (в этом случае управляющую программу готовят и редактируют непосредственно на станке, в процессе обработки первой детали из партии или имитации ее обработки) и системы, для которых управляющая программа готовится независимо от места обработки детали. Причем независимая подготовка управляющей программы может выполняться либо с помощью средств вычислительной техники, входящих в состав систем ЧПУ данного станка, либо вне ее (вручную или с помощью системы автоматизации программирования).

Системы числового программного управления (СЧПУ)-это совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для осуществления ЧПУ станками. Устройство ЧПУ (УЧПУ) станками - это часть СЧПУ, выполненная как единое целое с ней и осуществляющая выдачу управляющих воздействий по заданной программе.

В международной практике приняты следующие обозначения: NC-ЧПУ; DNC-разновидность ЧПУ с заданием программы оператором с пульта с помощью клавиш, переключателей и т.д.; SNS-устройство ЧПУ, имеющее память для хранения всей управляющей программы; CNC-управление автономным станком с ЧПУ, содержание мини-ЭВМ или процессор; DNS-управление группой станков от общей ЭВМ.

Для станков с ЧПУ стандартизованы направления перемещения и их символика. Стандартом ISO-R841 принято за положительное направление перемещения элемента станка считать то, при котором инструмент или заготовка отходят один от другого. Исходной осью (ось Z) является ось рабочего шпинделя. Если эта ось поворотная, то ее положение выбирают перпендикулярно плоскости крепления детали. Положительно направление оси Z-от устройства крепления детали к инструменту.

Использование конкретного вида оборудования с ЧПУ зависит от сложности изготовления детали и серийности производства. Чем меньше серийность производства, тем большую технологическую гибкость должен иметь станок.

При изготовлении деталей со сложными пространственными профилями в единичном и мелкосерийном производстве использование станков с ЧПУ является почти единственным технически оправданным решением. Это оборудование целесообразно применять в случае, если невозможно быстро изготовить оснастку. В серийном производстве также целесообразно использовать станки с ЧПУ. В последнее время широко используют автономные станки с ЧПУ или системы из таких станков в условиях переналаживаемого крупносерийного производства.

Принципиальная особенность станка с ЧПУ - это работа по управляющей программе (УП), на которой записаны цикл работы оборудования для обработки конкретной детали и технологические режимы. При изменении обрабатываемой на станке детали необходимо просто сменить программу, что

сокращает на 80...90% трудоемкость переналадки по сравнению с трудоемкостью этой операции на станках с ручным управлением.

Основные преимущества станков с ЧПУ:

- производительность станка повышается в 1,5...2,5 раза по сравнению с производительностью аналогичных станков с ручным управлением;
- сочетается гибкость универсального оборудования с точностью и производительностью станка-автомата;
- снижается потребность в квалифицированных рабочих станочниках, а подготовка производства переносится в сферу инженерного труда;
- сокращаются сроки подготовки и перехода на изготовление новых деталей благодаря предварительной подготовке программ, более простой и универсальной технологической оснастке;
- снижается продолжительность цикла изготовления деталей и уменьшается запас незавершенного производства, создание гибких автоматизированных производств, прежде всего, в машиностроении.

Конструктивные особенности станков с ЧПУ

Станки с ЧПУ имеют расширенные технологические возможности при сохранении высокой надежности работы. Конструкция станков с ЧПУ должна, как правило, обеспечивать совмещение различных видов обработки (точение-фрезерование, фрезерование-шлифование), удобство загрузки заготовок, выгрузки деталей (что особенно важно при использовании промышленных роботов), автоматическое или дистанционное управление сменой инструмента и т.д.

Повышение точности обработки достигается высокой точностью изготовления и жесткостью станка, превышающей жесткость обычного станка того же назначения, для чего производят сокращение длины его кинематических цепей: применяют автономные приводы, по возможности

сокращают число механических передач. Приводы станков с ЧПУ должны также обеспечивать высокое быстродействие.

Повышению точности способствует и устранение зазоров в передаточных механизмах приводов подач, снижение потерь на трение в направляющих и других механизмах, повышение виброустойчивости, снижение тепловых деформаций, применение в станках датчиков обратной связи. Для уменьшения тепловых деформаций необходимо обеспечить равномерный температурный режим в механизмах станка, чему, например, способствует предварительный разогрев станка и его гидросистемы. Температурную погрешность станка можно также уменьшить, вводя коррекцию в привод подач от сигналов датчиков температур.

Базовые детали (станины, колонны, салазки). Столы, например, конструируют коробчатой формы с продольными и поперечными ребрами. Базовые детали изготавливают литыми или сварными. Наметилась тенденция выполнять такие детали из полимерного бетона или синтетического гранита, что в еще большей степени повышает жесткость и виброустойчивость станка.

Направляющие станков с ЧПУ имеют высокую износостойкость и малую силу трения, что позволяет снизить мощность следящего привода, увеличить точность перемещений, уменьшить рассогласование в следящей системе.

Направляющие скольжения станины и суппорта для уменьшения коэффициента трения создают в виде пары скольжения "сталь (или высококачественный чугун)-пластиковое покрытие (фторопласт и др.)"

Направляющие качения имеют высокую долговечность, характеризуются небольшим трением, причем коэффициент трения практически не зависит от скорости движения. В качестве тел качения используют ролики. Предварительный натяг повышает жесткость направляющих в 2...3 раза, для создания натяга используют регулирующие устройства.

Приводы и преобразователи для станков с ЧПУ. В связи с развитием микропроцессорной техники применяют преобразователи для приводов

подачи и главного движения с полным микропроцессорным управлением - цифровые приводы представляют собой электродвигатели, работающие на постоянном или переменном токе. Конструктивно преобразователи частоты, сервоприводы и устройства главного пуска и реверса являются отдельными электронными блоками управления.

Привод подачи для станков с ЧПУ. В качестве привода используют двигатели, представляющие собой управляемые от цифровых преобразователей синхронные или асинхронные машины. Бесколлекторные синхронные (вентильные) двигатели для станков с ЧПУ изготавливают с постоянным магнитом на основе редкоземельных элементов и оснащают датчиками обратной связи и тормозами. Асинхронные двигатели применяют реже, чем синхронные. Привод движения подач характеризуется минимально возможными зазорами, малым временем разгона и торможения, небольшими силами трения, уменьшенным нагревом элементов привода, большим диапазоном регулирования. Обеспечение этих характеристик возможно благодаря применению шариковых и гидростатических винтовых передач, направляющих качения и гидростатических направляющих, беззазорных редукторов с короткими кинематическими цепями и т.д.

Приводами главного движения для станков с ЧПУ обычно являются двигатели переменного тока - для больших мощностей и постоянного тока - для малых мощностей. В качестве приводов служат трехфазные четырехполосные асинхронные двигатели, воспринимающие большие перегрузки и работающие при наличии в воздухе металлической пыли, стружки, масла и т.д. Поэтому в их конструкции предусмотрен внешний вентилятор. В двигатель встраивают различные датчики, например датчик положения шпинделя, он необходим для ориентации или обеспечения независимой координаты.

Преобразователи частоты для управления асинхронными двигателями имеют диапазон регулирования до 250. Преобразователи представляют собой

электронные устройства, построенные на базе микропроцессорной техники. Программирование и параметрирование их работы осуществляются от встроенных программаторов с цифровым или графическим дисплеем. Оптимизация управления достигается автоматически после введения параметров электродвигателя. В математическом обеспечении заложена возможность настройки привода и пуск его в эксплуатацию.

Шпиндели станков с ЧПУ выполняет точными, жесткими, с повышенной износостойкостью шеек, посадочных и базирующих поверхностей. Конструкция шпинделя значительно усложняется из-за встроенных в него устройств автоматического режима и зажима инструмента, датчиков при адаптивном управлении и автоматической диагностике.

Опоры шпинделя должны обеспечить точность шпинделя в течение длительного времени в переменных условиях работы, повышенную жесткость, небольшие температурные деформации. Точность вращения шпинделя обеспечивается прежде всего высокой точностью изготовления подшипников.

Наиболее часто в опорах шпинделей применяют подшипники качения. Для уменьшения влияния зазоров и повышения жесткости опор обычно устанавливают подшипники с предварительным натягом или увеличивают число тел качения. Подшипники скольжения в оправках шпинделей применяют реже и только при наличии устройств с периодическим (ручным) или автоматическим регулированием зазора в осевом или радиальном направлении. В прецизионных станках применяют аэроэстатические подшипники, в которых между шейкой вала и поверхностью подшипника находится сжатый воздух, благодаря этому снижается износ и нагрев подшипника, повышается точность вращения и т.п.

Привод позиционирования (т.е. перемещение рабочего органа станка в требуемую позицию согласно программе) должен иметь высокую жесткость и обеспечивать плавность перемещения при малых скоростях, большую

скорость вспомогательных перемещений рабочих органов (до 10 м/мин и более).

Вспомогательные механизмы станков с ЧПУ включают в себя устройства смены инструмента, уборки стружки, систему смазывания, зажимные приспособления, загрузочные устройства и т.д. Эта группа механизмов в станках с ЧПУ значительно отличается от аналогических механизмов, используемых в обычных универсальных станках. Например, в результате повышения производительности станков с ЧПУ произошло резкое увеличение количества сходящей стружки в единицу времени, а отсюда возникла необходимость создания специальных устройств для отвода стружки. Для сокращения потерь времени при загрузке применяют приспособления, позволяющие одновременно устанавливать заготовку и снимать деталь вовремя обработки другой заготовки.

Устройства автоматической смены инструмента (магазины, автооператоры, револьверные головки) должны обеспечивать минимальные затраты времени на смену инструмента, высокую надежность в работе, стабильность положения инструмента, т.е. постоянство размера вылета и положения оси при повторных сменах инструмента, имеют необходимую вместимость магазина или револьверные головки.

Револьверная головка-это наиболее простое устройство смены инструмента: установку и зажим инструмента осуществляют вручную. В рабочей позиции один из шпинделей приводится во вращение от главного привода станка. Револьверные головки устанавливают на токарные, сверлильные, фрезерные, многоцелевые станки с ЧПУ; в головке закрепляют от 4 до 12 инструментов.

Точность и качество обработки на станках с ЧПУ

Под качеством в широком смысле понимается совокупность значимых признаков, свойств, особенностей рассматриваемого предмета в целом,

характеризующих его как таковой и отличающих от других предметов. В промышленном производстве качеством продукции (согласно наиболее поздним редакциям ГОСТов) называется степень соответствия её характеристик предъявляемым требованиям. Сообразно этому, вводится понятие точности изделия, как меры соответствия образцу (обычно заданному чертежом и техническими условиями производства). Точность размеров, форм и взаимного расположения элементов изделия и является основной характеристикой его качества.

На качество продукции влияет ряд факторов, которые принято разделять на внешние и внутренние. Внешними факторами является уровень спроса и требования потребителей, а также законодательные стандарты. Ко внутренним факторам относятся материальная база предприятия, квалификация персонала и характеристики оборудования, выпускающего продукцию. Таким образом, удовлетворение внешнего спроса и получение конкурентного преимущества на рынке невозможно без обеспечения и постоянной работы по повышению качества выпускаемых предприятием изделий.

Проблемы обеспечения качества обработки.

Фрезерование является одним из основных методов обработки заготовок резанием. Как и в прочих случаях, фрезерование на станочном оборудовании связано с неизбежным появлением неточностей при обработке. Среди причин возникновения погрешностей размеров и формы изделия можно выделить:

1. степень точности (совершенства) фрезерного станка;
2. погрешности базирования (установки, крепления) заготовки;
3. износ режущего инструмента (а также ошибки при его установке/закреплении);
4. упругие и тепловые деформации системы «станок-приспособление-заготовка» в процессе обработки;
5. остаточные внутренние напряжения в заготовке.

Кроме вышеперечисленного, можно выделить и «человеческий фактор», т.е. квалификацию персонала. Для станков с ручным управлением этот фактор оказывает решающее влияние на качество выпускаемой продукции. При фрезеровании на современных автоматизированных станках с ЧПУ данный фактор (вопреки распространённому заблуждению) играет ещё большую роль, только в несколько «смещённой» форме. Здесь основная работа наладчиков и операторов выполняется при подготовке станка к работе, его программировании, пробном «прогоне», а также последующем периодическом обслуживании. Непосредственно в процессе обработки влияние «человеческого фактора» на качество изделий при обработке на фрезерных станках с ЧПУ сводится к минимуму, однако полностью всё же не исключается.

Качество обработки на современных станках с ЧПУ.

Большинство описанных выше причин возникновения погрешностей при обработке изделий, практически полностью устранены или сведены к минимуму при использовании современных фрезерных станков с ЧПУ:

1. Высокая степень точности – за счёт совершенства механической конструкции и широкого использования электронных компонентов – достигает величин порядка 0,05-0,01 мм и не уменьшается в процессе работы (отсутствует накопление т.н. «плавающих ошибок»).

2. Неточности базирования заготовки не оказывают решающего влияния, поскольку большинство станков имеют возможность коррекции «нулевой точки» (начального позиционирования режущего инструмента), а некоторые модели оборудованы специальными датчиками, определяющими габариты заготовки и автоматически корректирующие свой «инструментальный ноль». Вспомогательные системы крепления заготовки на рабочем столе (как стандартные струбцины, так и сложные типа «вакуумный стол») позволяют размещать и надёжно фиксировать заготовки практически любой геометрии. А управляющая программа станка допускает отсчёт координат заготовки с

любой удобной точки (т.о. выбор основных конструкторских баз существенно упрощён).

3.Появление станков с ЧПУ, способных фрезеровать на высокой скорости, активизировало соответствующее развитие режущего инструмента. В настоящий момент всё большее распространение получают твёрдосплавные фрезы с алмазным напылением. Отличающиеся малыми погрешностями размеров и низкими вибрациями, современные фрезы успешно противостоят износу и обеспечивают высокое качество обработки поверхностей. Для крепления фрез в патроне станка используются простые по конструкции и надёжные в эксплуатации цанговые патроны. Таким образом, риск неправильной/ненадёжной установки и закрепления инструмента тоже сводиться к минимуму.

4.Современные станки с ЧПУ, как правило, отличаются повышенной жёсткостью конструкции, способной эффективно противостоять вибрациям (даже при обработке на высоких скоростях) и сводить к минимуму деформацию системы «станок – приспособление – заготовка». Это исключает увод инструмента при обработке и повышает качество фрезерования. Надёжные системы охлаждения (как шпинделя станка, так и непосредственно фрезы) помогают поддерживать неизменный тепловой режим и обеспечивать сохранение высоких показателей точности даже при длительной напряжённой обработке.

Ещё одним важным достоинством автоматического станка с ЧПУ является постоянство характеристик обработки, что означает отсутствие существенных различий точности отдельных деталей внутри обрабатываемой серии.

Заключение

Исходя из вышеописанного видно, что современное оборудование с ЧПУ позволяет достичь высокой точности. Однако резерв повышения качества

далеко не исчерпан и в большей степени заключается в совершенстве управляющих программ. То есть снова зависит от «человеческого фактора» – мастерства и таланта исследователей, работающих над выявлением новых технологических возможностей.

Список литературы:

1. Гжиров Р.И. Программирование обработки на станках с ЧПУ / Р.И. Гжиров.- :Машиностроение, 1990. – 592 с.
2. Шурков В.Н. Основы автоматизации производства / В.Н. Шурков, 1989 - 240 с.
3. Харченко А.О. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем / А.О. Харченко.- : «Профессионал», 2004. – 304 с.