

Міністерство освіти і науки України
Кіровоградський державний технічний університет
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"
Державне підприємство "Український інститут промислової власності"
Московський державний технічний університет ім. Н.Е. Баумана
Академія Наук вищої школи України
Кіровоградське обласне відділення Інженерної Академії України
Науково-координаційна рада
Придніпровського наукового центру по Кіровоградській області

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ КАПІТАЛ

*Збірник наукових праць
за матеріалами
Першої міжнародної науково-технічної конференції
"Машинобудування та металообробка – 2003"*



Кіровоград – 2003

УДК 62:631.3

Машинобудування та інтелектуальний капітал (збірник наукових праць за матеріалами Першої міжнародної науково-технічної конференції "Машинобудування та металообробка – 2003") – Кіровоград: КДТУ, 2003. – 99 с.

Рекомендовано до друку вченою радою Кіровоградського державного технічного університету. Протокол № 6 від 24 лютого 2003 р.

Відповідальний за випуск:

Секретар оргкомітету Першої міжнародної науково-технічної конференції "Машинобудування та металообробка – 2003", доц., к.т.н. Кириченко А.М.

25006, м. Кіровоград, пр. Університетський, 8, Кіровоградський державний технічний університет, тел.: 597-558, e-mail: tools@kdtu.kr.ua

© Збірник наукових праць машинобудування
та інтелектуальний капітал, 2003
© Комп'ютерна верстка, 2003

РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ПРИВОДА

С переходом на рыночную экономику и возникновением конкуренции, усилилась необходимость в использовании прогрессивных технологий. Прогрессивность технологии характеризуется, прежде всего, ее эффективностью по совокупности таких параметров, как производительность, качество и себестоимость. Перечисленные параметры взаимопротиворечивы. Как правило, при проектировании станочного оборудования добиваются результата по одному из перечисленных направлений: или повышение производительности, или улучшение качества, или снижение себестоимости (рис. 1).



Рисунок 1 – Методы повышения технологических возможностей станков

Из приведенной классификации (рис. 1) следует, что внедрение прогрессивных технологий ограничивается технологическими возможностями оборудования, на котором осуществляются разрабатываемые технологии. Это приводит к необходимости развития станочного оборудования с целью расширения его технологических возможностей, ограниченных несовершенством существующих приводов. Таким образом создания новых приводов [1] [2], позволит расширить технологические возможности и улучшить выходные характеристики станочного оборудования. На основании анализа методов повышения технологических возможностей (рис. 1) предложено ряд схем приводов станочного оборудования, рассматриваемых ниже.

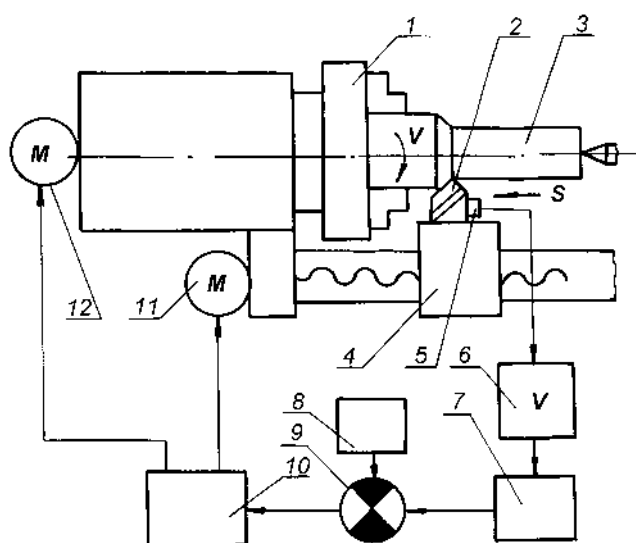


Рисунок 2 – Дробление стружки при обработке вязких материалов

Дробление стружки при обработке вязких материалов позволяет осуществить станок, схема которого представлена на рис. 2.

Обычно, при обработке на токарных станках кинематическое дробление стружки осуществляют путем прерывания подачи. Для надежного дробления стружки необходимо после каждого оборота заготовки выключение подачи на время одного оборота заготовки.

Такое прерывание подачи в сравнении с обычным точением снижает производительность примерно в два раза. Это требует новых решений в области дискретной обработки. Задача состоит в том, чтобы сократить время выстоя и, в то же время, обеспечить надежное дробление стружки. Проведенные исследования показали, что максимальную скорость дискретной подачи можно увеличить до скорости резания без существенного снижения стойкости инструмента. Процесс токарной обработки в этом случае можно вести в таком режиме. При равномерном вращении заготовки подачу осуществлять циклически после каждого оборота заготовки, причем максимальное значение скорости подачи в циклическом движении не должно превышать скорость резания. Поскольку величина дискретной подачи обычно не превышает 1 мм, то время, затраченное на дискретное врезание не

превышает 10 процентов времени одного оборота. Поэтому такая дискретная обработка повышает производительность процесса в 1,8-1,9 раза. Одновременно с повышением производительности такая обработка способствует повышению точности, т.к. ведется в основном, при одном вращательном движении заготовки, а суппорт включается лишь периодически.

В процессе обработки заготовки 3, закрепленной в патроне 1, заготовке сообщается равномерное вращение с заданной скоростью. Установленный на суппорте 4 резец 2 связан с датчиком 5 нагрузки. При снижении нагрузки и при ее отсутствии в начале обработки сигнал с датчика через усилитель 6 и преобразователь 7 поступает на сравнивающее устройство 9, куда одновременно подается сигнал с задающего устройства 8. Результирующий сигнал через управляющее устройство 10 включает двигатель 11 продольной подачи. Как только сила резания достигнет порогового значения подача выключается, суппорт 4 останавливается, и процесс обработки осуществляется при вращающейся заготовке и неподвижном суппорте. Как только резец 2 срежет слой металла на глубину очередного врезания, нагрузка на резце снизится, и система включит подачу. В таком режиме дискретной обработки обеспечивается надежное дробление стружки независимо от режима резания и геометрии инструмента. Рассмотренная схема имеет возможность управлять одновременно и приводом главного движения через двигатель 12 с целью получения неравномерного вращения заготовки 3, согласованного с дискретной подачей суппорта 4.

На рис. 3 показана схема, воплощающая новый способ обработки, обеспечивающий повышение качества обрабатываемой поверхности и повышение стойкости инструмента. Сущность способа состоит в том, что подачу изменяют по синусоидальному закону, а частоту вращения заготовки изменяют по тому же закону смещенному на 180° относительно закона изменения подачи.

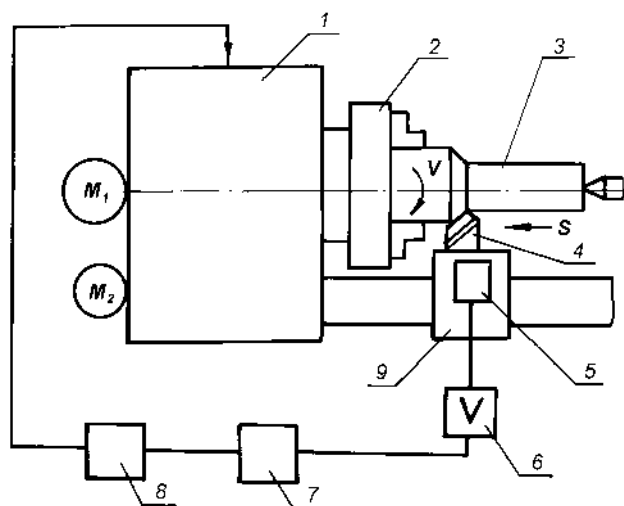


Рисунок 3 – Схема, позволяющая повысить стойкость инструмента

Заготовка 3 закрепляется в патроне 2 шпинделя и ей сообщается вращение. Резец 4 закрепляется на суппорте 9 и ему сообщается движение подачи от электродвигателя M_2 , управляемого напрямую от ЧПУ. Скорость электродвигателя и скорость подачи суппорта 9 изменяется по синусоидальному закону. По этому же закону изменяется и нагрузка, контролируемая датчиком 5. Сигнал датчика 5, контролирующего скорость или нагрузку через преобразователь 6 поступает в сравнивающее устройство 7. Результирующий сигнал через управляющее устройство 8, автоматически управляемую коробку скоростей 1 изменяет скорость привода главного движения по синусоидальному закону в противофазе скорости привода подачи.

Известно, что при работе на переменных режимах оптимальной температуре в зоне резания соответствует минимальный износ. В некоторых случаях оптимальной температуре в зоне резания соответствует оптимальное качество поверхности и минимальная стоимость обработки. Управление по температуре чрезвычайно затруднительно, поскольку в большинстве случаев она не известна, а точное ее измерение представляет определенные трудности. Поэтому процессом обработки можно управлять, изменяя последовательно режим в функции износа, который при достижении оптимальной температуры имеет минимальную скорость.

Кроме того, скорость резания для большинства технологических операций относительно сильно влияет на температуру резания и целевую функцию стоимости обработки. Поэтому для получения оптимальной производительности и минимальной стоимости обработки режимы резания следует выбирать в такой последовательности (глубина-подача-скорость).

Для повышения эффективности управления процессом обработки полученный в результате непрерывного измерения износа инструмента сигнал дважды дифференцируют, при положительном значении результата снижают режимы в последовательности (скорость-подача-глубина), а при отрицательном значении результата увеличивают режим в обратной последовательности (глубина-подача-скорость).

Схема осуществления способа приведена на рис. 4. Сигнал с датчика 2 износа резца 1 подается на усилитель 3, затем с помощью дифференциаторов 4 и 5 дважды дифференцируется и подается в анализатор 6. С анализатора 6 в соответствии со знаком второй производной сигнала датчика 2 износа подается команда на управление скоростью, с помощью регулируемого электродвигателя 8 или подачей, с помощью регулируемого электродвигателя 7.

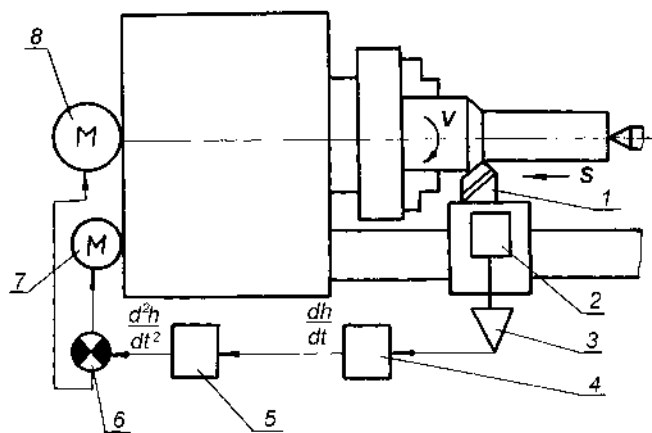


Рисунок 4 – Схема адаптивного управления токарной обработки

В процессе обработки управление приводом главного движения и подачей станка осуществляется по такой программе. При положительном значении второй производной сигнала датчика износа скорость электродвигателя 8 снижается до получения нулевого значения второй производной сигнала износа резца 1.

Скоростью главного движения управляют в заданных технологических пределах, определяемых условиями обработки. Достижение границы нижнего предела до получения нулевого значения второй производной сигнала износа резца вызывает переключение системы регулирования на управление скоростью привода подачи. Управление скоростью электродвигателя 7 осуществляется аналогично в заданных технологических пределах, определяющих значение максимальной и минимальной скорости рабочей подачи.

При отрицательном значении производной вначале производится управление приводом подачи в сторону увеличения скорости подачи. При достижении максимально предельного значения скорости подачи, ограничиваемой, например, по условиям прочности инструмента или механизма подачи, увеличивают скорость привода главного движения до получения нулевого значения второй производной, соответствующей оптимальной температуре в зоне обработки и оптимальным качественным показателем процесса обработки.

На рис. 5 показана схема осуществления токарной обработки, обеспечивающей повышение точности обработки в замкнутой системе автоматического регулирования.

Повышение точности обработки достигается тем, что инструмент дополнительно перемещают в направлении, перпендикулярном движению подачи в сторону уменьшения размера обработки, причем указанное перемещение осуществляют в функции движения подачи, а величину перемещения предварительно определяют из зависимости

$$\Delta t = \sigma_1 + \sigma_2$$

где σ_1 – текущее значение поперечного перемещения инструмента под действием технологической нагрузки; σ_2 – текущее значение поперечного перемещения заготовки в плоскости перпендикулярной оси заготовки, проходящей через вершину резца.

Заготовка 4 закрепляется в шпинделе 2 станка 1 и ей сообщается вращение с частотой, обеспечивающей заданную скорость резания. Резец 3 закрепляется в резцедержателе суппорта 6 и ему сообщается продольное движение подачи. В процессе обработки составляющие силы резания (P_z , P_y , P_x) вызывают упругую деформацию технологической системы станка. Наибольшее влияние на точность обработки оказывает радиальная составляющая P_y сил резания, которая действует в направлении формирования размера обработки, вызывая его увеличение. Поэтому, для повышения точности обработки необходимо прежде всего компенсировать упругую деформацию технологической системы станка от действия составляющей P_y силы резания.

С этой целью резцу 3, совершающему движение подачи от электродвигателя 16, управляемого ЧПУ, включающей считывающее устройство 11, дешифратор 13, усилитель 14, сравнивающее устройство 15 и датчик 12 перемещения, сообщается дополнительное движение. Это движение направлено перпендикулярно движению подачи в сторону уменьшения размера обработки. В процессе продольного перемещения резца изменяется величина сопротивления упругой деформации заготовки и инструмента. Поэтому поперечное перемещение резца в направлении уменьшения размера обработки необходимо осуществлять в функции продольного перемещения резца. Для этого в программу обработки вносится коррекция. В результате чего считывающее устройство 10 через усилитель 9, сравнивающее устройство 8 управляет движением резца 3 от электродвигателя 7. Датчик 5 обратной связи контролирует это перемещение.

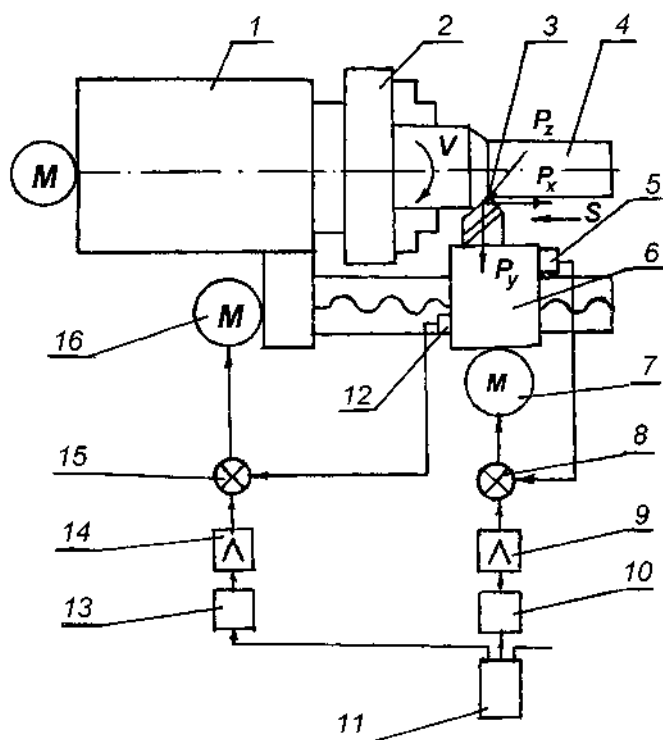


Рисунок 5 – Схема, позволяющая повысить точность токарной обработки

С этой целью резцу 3, совершающему движение подачи от электродвигателя 16, управляемого ЧПУ, включающей считывающее устройство 11, дешифратор 13, усилитель 14, сравнивающее устройство 15 и датчик 12 перемещения, сообщается дополнительное движение. Это движение направлено перпендикулярно движению подачи в сторону уменьшения размера обработки. В процессе продольного перемещения резца изменяется величина сопротивления упругой деформации заготовки и инструмента. Поэтому поперечное перемещение резца в направлении уменьшения размера обработки необходимо осуществлять в функции продольного перемещения резца. Для этого в программу обработки вносится коррекция. В результате чего считывающее устройство 10 через усилитель 9, сравнивающее устройство 8 управляет движением резца 3 от электродвигателя 7. Датчик 5 обратной связи контролирует это перемещение.

В программу обработки предварительно вносится поправка, компенсирующая упругую деформацию технологической системы станка. Текущее значение поперечного перемещения инструмента и заготовки в зависимости от конкретных условий обработки определяется при обработке цилиндрических поверхностей из соотношения:

$$\sigma_1 = \frac{P_y}{i_x},$$

где i_x – текущее значение жесткости установки инструмента в направлении действия составляющей P_y силы резания.

Таким образом, повышается точность обработки.

На рис. 6 показана схема осуществления способа круглого шлифования, обеспечивающего повышение точности обработки.

Заготовка 1 устанавливается в центрах шлифовального станка. Шлифовальный круг 2 установлен на шпинделе шлифовальной бабки 3. В соответствии с принятым процессом формообразования шлифовальному кругу сообщают вращение с частотой, обеспечивающей заданную скорость резания. Заготовке 1 с помощью привода круговой подачи (не показанного на схеме) сообщается равномерное вращение с заданной скоростью круговой подачи. Кроме того, шлифовальной бабке 3 с помощью привода от электродвигателя 6 обеспечивается поперечное перемещение в соответствии с циклом врезанного шлифования. Этот цикл складывается из быстрого подвода шлифовального круга к заготовке, рабочей подачи, выдержки шлифовальной бабки на упоре и последующих врезаний в соответствии со ступенчатым изменением жесткости установки шлифовального круга 2 на шлифовальной бабке 3.

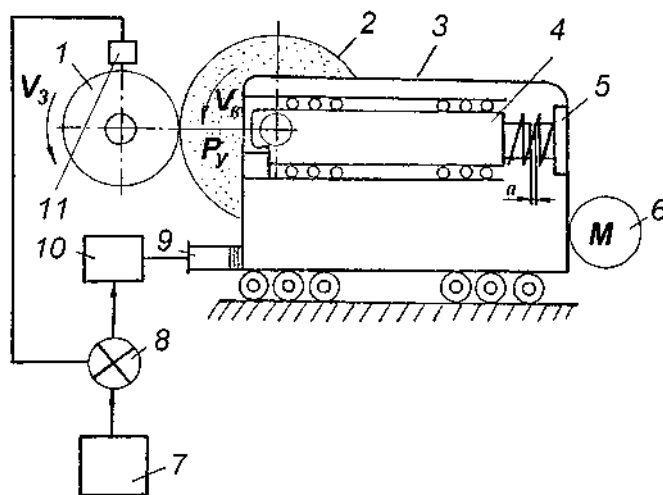


Рисунок 6 – Схема, позволяющая повысить точность шлифовальной обработки

В процессе обработки шлифовальная бабка 3 с заданной скоростью радиального врезания подводится к упору 9, который фиксирует шлифовальную бабку 3 в крайнем положении. Упругая система установки каретки 4 на шлифовальной бабке под воздействием составляющей P_y силы

резания деформируется, зазор "а" выбирается и каретка 4 опирается на жесткий упор 5. Происходит черновое шлифование обрабатываемой поверхности заготовки 1.

После снятия слоя металла на глубину чернового врезания шлифовального круга составляющая P_y силы резания уменьшается. Упругая система установки каретки 4 на шлифовальной бабке переводит каретку в переднее фиксированное положение, определяемое жестким упором 9. В результате каретка 4 перемещается в горизонтальном положении на величину "а". Шлифовальный круг врезается в заготовку на глубину чернового прохода.

В процессе формирования размера обрабатываемой заготовки 1 осуществляется контроль диаметра обрабатываемой поверхности датчиком 11. Полученный сигнал измерения подается на сравнивающее устройство 8, куда одновременно подается сигнал задающего устройства 7. Результирующий сигнал подается на управляющее устройство 10, которое перемещением упора 9 вносит поправку в относительное положение шлифовальной бабки 3 и заготовки 1. Таким образом, на основе измерения получаемого размера вносят коррекцию в относительное положение инструмента 1 и заготовки 2 и на этой основе повышают точность обработки.

После окончания обработки шлифовальная бабка 2 отводится в исходное положение начала цикла обработки. Глубины чернового и чистового проходов устанавливаются упорами 5 и 9. Ступенчатое изменение жесткости установки каретки 4 в радиальном направлении производится с таким расчетом, чтобы сила упругости установки каретки 4 на шлифовальной бабке 3 превышала составляющую P_y чистового прохода и не превышала указанную составляющую при черновом проходе.

Выводы: 1. Использование при создании станочного оборудования предложенных схем приводов позволяет расширить его технологические возможности и одновременно повысить производительность, качество обработки и снизить стоимость. 2. Рассмотренные схемы повышают эффективность металлообработки путем повышения точности и надежности обработки.

Литература

1. Пестунов В.М. Адаптивные устройства в приводе подачи станков // СТИН.- 2000.- № 1.- С. 34-37.

2. Пестунов В.М. Новые механизмы технологического оборудования // Машиностроитель.- 2002.- № 12.- С. 21-27.