

У ДК 007:195.955

Ю.К. Новоселов, профессор, д-р техн. наук,

В.И. Куля

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ГПС

Рассматривается комплексное управление сложными процессами резания в условиях многономенклатурного автоматизированного производства на основе базы знаний.

Процесс резания металлов характеризуется большим многообразием количественных и качественных факторов. В ходе технологических процессов действует множество систематических и случайных факторов, которые вызывают существенные погрешности обработки. В условиях современного автоматизированного производства имеются технические возможности по измерению координат элементов технологической системы, а также универсальные вычислительные средства систем ЧПУ, на которые можно устанавливать дополнительное программное обеспечение и базы данных.

В мелко- и среднесерийном автоматизированном производстве при высокой сменяемости номенклатуры обрабатываемых деталей особенно актуальна проблема достижения заданного качества изделий при высокой производительности и низких стоимостных показателях. Необходимы универсальные, интегрированные системы управления для всех операций и для широкой номенклатуры выпускаемых изделий. Традиционные системы автоматического управления точностью обработки решают только количественные задачи: регулирование подачи, контроль мощности, крутящего момента и т.п. для конкретной операции. Для их функционирования необходимо создавать специальные системы управления – математические модели процесса резания для конкретной технологической системы (станок, приспособление, инструмент, деталь), оснащать станки дополнительными средствами измерения и управления и перенастраивать ее параметры и структуры при изменении технологических условий, т.е. смене деталей и технологического оснащения.

Для вышеперечисленных условий хорошо подходят системы управления с искусственным интеллектом, в которых алгоритм управления реализуется на качественном, логическом уровне. При этом достигается высокая гибкость и самоорганизация системы управления за счет адаптации алгоритма, логика которого вынесена в базу знаний (БЗ). В работах [1-3] исследовалась технология применения систем с искусственным интеллектом в производственных условиях и решение некоторых задач, но многие из них остались нерешенными.

Целью статьи является повышение эффективности механообработки на станках с ЧПУ и ГПМ за счет оперативного управления технологическими процессами с помощью интеллектуальной системы, которая взаимодействует с исполнительной производственной подсистемой и своевременно адаптирует управляющие воздействия на основе технологической базы знаний. Построение такой системы невозможно без анализа особенностей технологических процессов механообработки и быстрой сменяемости выпускаемых изделий.

Согласно теории технологической наследственности нельзя достичь эффективности получения готового изделия с требуемыми показателями качества за счет качественного выполнения одной, двух ответственных операций, к примеру, финишной, не учитывая первые предварительные операции. Поэтому необходимо рассматривать процесс изготовления комплексно от первой до последней операции и для всей номенклатуры выпускаемых изделий. Интегрированная база данных должна содержать информацию по всем операциям, всем деталям, всему технологическому оснащению по всему производству и должна постоянно обновляться, пополняться и использоваться в системах управления всеми операциями. При управлении текущей операцией необходимо использовать информацию о предыдущих операциях и пополнять ее для использования в последующих. Кроме горизонтальных потоков информации по операциям необходимы вертикальные потоки по заготовкам одной партии запуска, а также временные потоки по состоянию оборудования, состоянию приспособлений и инструментов, т.е. учет временного износа технологического комплекса.

На качество процесса резания оказывают значительное влияние правильность углов резания, правильность выбранного инструмента, материала режущей части инструмента, податливость заготовки и отдельных поверхностей, температурные деформации, погрешности установки и закрепления заготовки, неравномерность припуска, неоднородность материала заготовки, величина износа инструмента. Для большинства технологических методов обработки не удастся выявить универсальные функциональные зависимости между факторами, характеризующими условия обработки, и параметрами качества поверхностей для широкого диапазона. Модели, в большинстве случаев, приемлемы для конкретных условий обработки. В условиях мелкосерийного производства математико-статистические методы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований на пробной партии заготовок экономически не оправданы. Однако установлены качественные закономерности поведения процесса резания для широкой номенклатуры обрабатываемых и инструментальных материалов. Качественные зависимости хорошо представляются логикой предикатов первого порядка для их использования в базах знаний. При управлении по отклонению не требуется точных моделей по расчету абсолютных величин, а можно идентифицировать доминирующие причины отклонений параметров поверхностей и по качественным причинно-следственным моделям найти корректирующую поправку для управляемых факторов. Обработка

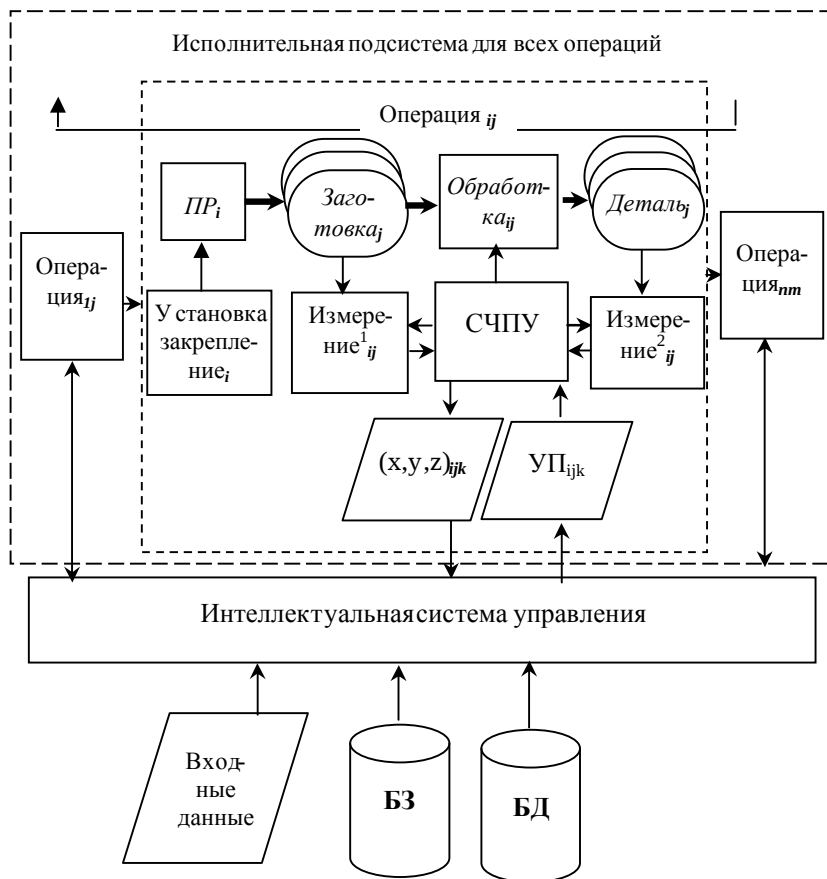


Рисунок 1 – Схема работы интеллектуальной системы управления

производится на станке с ЧПУ по заданной управляющей программе (УП). Для работы по такой схеме необходимо обязательно измерять обработанную поверхность. Таким образом, устанавливается обратная связь:

УП – обработка – измерение – отклонение – причина отклонения – Δ корректировки УП

Корректировка операции может производиться двух видов: параметрическая и структурная. При структурной корректировке добавляются, исключаются технологические проходы, заменяются инструменты, станки, последовательность переходов. При параметрической корректировке изменяются подача, обороты, координаты траектории.

На рисунке 1 изображена схема автоматизированной производственной системы, которая состоит из исполнительной и управляющей подсистем. Компоненты системы связаны материальными потоками – широкие стрелки и информационными – тонкие стрелки. В обозначениях элементов на рисунке использована двойная индексация: верхний индекс обозначает номер перехода; первая цифра нижнего индекса определяет номер операции в маршруте обработки деталей и все составляющие ее элементы, вторая цифра – номер заготовки из обрабатываемой партии; третья цифра нижнего индекса – номер поверхности.

В производственной системе обрабатывается партия заготовок с первой до последней операции. На вход производственной системы поступают заготовки, а на выходе получают готовые детали. Перед работой такой системы осуществляется технологическая подготовка производства (разработка УП, схем наладок) и производится наладка и настройка всех технологических систем-операций. Установка и снятие заготовок выполняется промышленным роботом (ПР). Станки управляются программно системой ЧПУ (СЧПУ), которая кроме этого осуществляет управление измерением заданных поверхностей заготовки до и после обработки, приспособлений и параметров инструмента. Полученные координаты X, Y, Z передаются в интеллектуальную систему управления. Система управления отслеживает истинные параметры поверхностей, анализирует отклонения от заданных (погрешности), определяет причины и оперативно вносит необходимые коррективы либо дополнения в управляющую программу.

Информационный поток возмущения воздействует на станок и СЧПУ, оказывая влияние на процесс обработки. Интенсивность возмущения не зависит от работы СЧПУ и не может быть в ходе управления изменена. Такими возмущениями являются: переменные припуск и твердость материала, изменения в температуре окружающей среды и др. Компенсируя возмущения, вносимые в процесс обработки, можно повысить точность детали, а для этого возмущения необходимо измерять.

Колебания припуска и твердости часто оцениваются по колебаниям составляющих силы резания или по колебаниям крутящего момента на шпинделе. Следовательно датчики силы резания или датчики момента в различных структурных вариантах управления могут входить либо в контур информационного потока состояния технологической системы (если сила резания или момент управляемы), либо в контур информационного

потока измеренных возмущений (если сила резания или крутящий момент управлению со стороны данного контура не поддаются). Попытки получения этой информации прямым способом непосредственно в процессе резания встречаются со значительными трудностями. Более эффективны измерения получаемых поверхностей. Подобная информация чрезвычайно полезна для выполнения заданных требований к точности размеров и формы, а также к качеству поверхности. По результатам измеренных параметров можно косвенно судить о процессе резания и соответственно управлять им. Этот принцип лежит в основе работы интеллектуальной системы.

Для процесса обработки на станке характерен неполный детерминизм, проявляющийся в том, что заранее неизвестно, при каких параметрах процесса резания, при каких параметрах статической и динамической настройки технологической системы процесс обработки станет устойчивым в пределах заданного допуска. Измерение координат поверхностей может выполняться на станке (внутриоперационный контроль) либо на контрольно-измерительных машинах с ЧПУ (межоперационный контроль). Координаты X,Y,Z представляют информацию об истинной точности обрабатываемого изделия.

При обработке партии заготовок в ГПС размеры деталей получают с заданной точностью: при одной наладке технологической системы для всей партии заготовок без подналадки системы; при непрерывной коррекции обработки в зависимости от результатов контроля выполняемого рабочего хода или контроля выполняемого перехода (операции) обработки детали.

Контроль положения и размеров заготовки, а также детали осуществляют внутри операции на станке или на специальной контрольно-измерительной машине. Станок с ЧПУ характеризуется достаточно высокой точностью позиционирования рабочих органов. Поэтому контроль обрабатываемых деталей можно производить непосредственно на станке. Система управления (регулирования) состоит из измерительного щупа, установленного в шпинделе станка типа ОЦ, в револьверной головке или на столе станка, и системы обработки полученной информации и выдачи сигнала на подрегулирование (подналадку) технологической системы ГПС. Подналадка взаимного положения инструмента и обрабатываемых поверхностей осуществляется соответствующей коррекцией УП.

Интегрированное управление всеми операциями позволяет произвести оптимальное управление всей партии деталей. В этом случае производится оптимальная коррекция управляющей программы интегрированному показателю одного из трех критериев эффективности: по критерию максимальной производительности (или минимальным приведенным затратам); по критерию максимальной точности или наиболее высокому показателю другого качественного параметра изделия; по критерию наивысшего совершенства всей совокупности операций, выполняемых механизмами станка для получения годных деталей, исключая собственно процесс резания.

База данных (БД) содержит информацию о параметрических характеристиках технологических объектов станка, инструменты и т.п.

База технологических знаний (БЗ) содержит структурную информацию (логические модели) о технологических объектах, а также логические правила причинно-следственных связей процессов обработки.

В основе управления интеллектуальной системы лежит логический подход вместо расчетного. Вывод на множестве логических правил позволяет идентифицировать технологические ситуации погрешностей и синтезирует управляющие конструкции УП.

На рисунке 2 показана схема информационного взаимодействия основных компонентов интеллектуальной системы.

В системе управления реализуются следующие функции: управления установкой, оценка геометрии и материала заготовки; оценка геометрии и материала инструмента; оценка деформаций; режимов резания; снимаемого припуска; идентификации технологической ситуации; синтез дополнительных технологических переходов; корректировки фрагментов УП; синтез измерительных фрагментов УП.

Входной информацией для работы системы является: управляющие программы обработки на станке с ЧПУ и схемы наладки для всех операций (привязки систем координат детали, инструментов и приспособлений к системе координат станка, координаты начальной точки УП); шифры станков, инструментов, приспособлений; модели детали, операционных эскизов для каждой операции и модель заготовки.

По заданным обозначениям станков, приспособлений и инструментов из базы данных выбираются параметры этих технологических элементов (мощность, максимальный крутящий момент и геометрические погрешности станков; материалы и геометрические параметры инструментов; базовые поверхности приспособлений; усилие зажима и т.п.). Выбранные данные используются для активизации соответствующих правил области базы знаний.

Логические задачи решаются процессором поиска решений на основе логических структур базы знаний. После предварительной настройки базы знаний по данным базы данных на конкретную технологическую систему осуществляется оперативное управление поднастройкой технологической системы для сквозного процесса обработки всей партии деталей.

Настройка базы знаний заключается в активизации узлов нейронной сети для синтеза структурно-параметрических корректировок УП и фрагментов измерений координат приспособлений, установленных заготовок, частично или окончательно обработанных поверхностей.

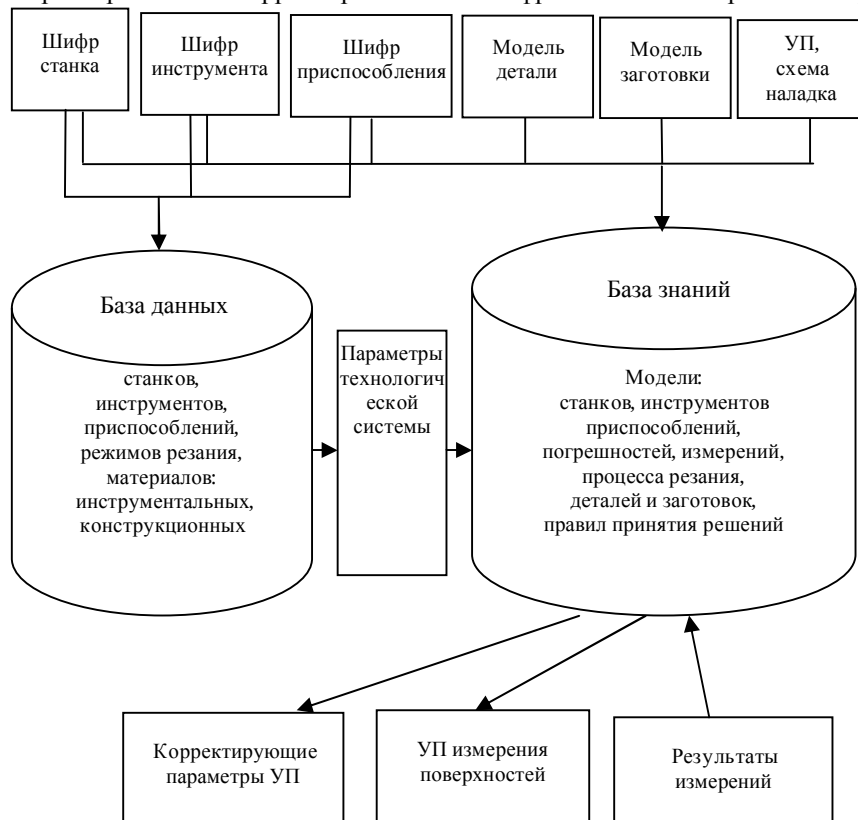


Рисунок 2 – Информационная среда логического процессора поиска решений

Модель процесса резания устанавливает причинно-следственную связь в приращениях, т.е. на сколько необходимо изменить управляемые параметры процесса, чтобы размер получаемой поверхности имел минимальную погрешность.

УП имеет модульную структуру, каждый модуль которой кроме кадров УП содержит полную информацию о получаемых поверхностях, средствах и методах их обработки, т.е. геометрия и параметры зоны обработки, технологически связанные, закрывающие поверхности, обозначение инструмента, параметры режимов резания. Система работает по принципу «что сделать». При этом само задание содержит конкретные инструкции (УП) для системы ЧПУ, цель управления (требования к обрабатываемым поверхностям), а также средства достижения цели (инструменты, приспособления, станки). В соответствии с этим принципом инструкции для ЧПУ оперативно видоизменяются.

Для идентификации возникающих технологических ситуаций необходимо проводить активный эксперимент, при котором определяются вспомогательные технологические проходы на черновых предварительных обработках.

Величину припуска – фактическую глубину резания можно подготовить дополнительными оценочными проходами. Для этого система генерирует проход фрагмента УП, станок выполняет его и измеряет контрольный размер.

Система должна анализировать модель детали, ориентацию инструмента по отношению к обрабатываемой поверхности. В этом случае при упругих деформациях технологической системы вырабатываются дополнительные проходы. Таким образом, исходная УП корректируется не только по количественным параметрам режимы резания, но и структурно.

Приведенная система интеллектуального управления позволит повысить эффективность механообработки за счет сокращения припусков, общего времени изготовления всей партии запуска изделий и сокращения технологической подготовки и адаптации к стохастически изменяющимся производственным ситуациям.

Библиографический список

1. Алиев Р.А. Производственные системы с искусственным интеллектом / Р.А. Алиев, Н.М. Абдикеев М.М. Шахназаров. — М.: Радио и связь, 1990. — 264 с.
2. Новоселов Ю.К. Логические модели распределенных технологических баз знаний при комплексной автоматизации технологических систем / Ю.К. Новоселов, В.И. Куля // Высокие технологии в машиностроении: Сб. науч. тр. НТУ «ХПУ». — Харьков, 2002. — Вып. 1(5). — С. 282–287.
3. Куля В.И. Модель интеллектуальной системы планирования гибких технологических процессов для ГПС / В.И. Куля // Оптимизация производственных процессов: Сб. науч. тр. — Севастополь, 1999. — Вып. 2. — С. 157–164.

Поступила в редакцию 12.05.2006 г.