

УДК 007: 195.955

В.И. Куля, ст. преподаватель

Севастопольский национальный технический университет,

Ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053

root@sevgtu.sebastopol.ua

ИНФОРМАЦИОННО–ЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТЬЮ МЕХАНООБРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ГПС

Разработаны обобщенные информационно–логические структуры механической обработки резанием и информационно–функциональная схема интегрированного автоматизированного комплекса на основе интеллектуальной системы управления сквозными технологическими процессами для автоматизированного производства.

Ключевые слова: интеллектуальные системы, управление, измерения, управляющие программы, станки с ЧПУ.

Постоянное увеличение номенклатуры и ускорение сменяемости изделий привело к созданию гибких автоматизированных производств, которые позволяют повысить производительность при изготовлении изделий различных типов. Кроме этого возрастают требования к повышению качества изделий и соответственно повышению точности изготовления деталей, как одного из важнейших требований к технологии механической обработки и станкам. Это особо актуально при внедрении компьютеризированного производства, строящегося на принципах безлюдной технологии. Возрастает роль компьютерного моделирования всех стадий изготовления изделий: проектирование, технологическая подготовка, автоматизированное производство на основе современных компьютерных технологий CAD/CAM/CAPP/АСУ ТП.

Эффективность систем управления точностью определяется полнотой учета всех факторов, влияющих на величину отклонений размера, правильностью, точностью и своевременностью определения характеристик этих факторов, идентификацией, оценкой отклонений и формированием адекватных управляющих воздействий.

Специфика управления технологическими процессами механообработки определяется сложной логикой структурно–параметрических моделей входной, промежуточной и выходной информации, комплексов технологических систем, обеспечивающих процесс изготовления партии деталей и логикой алгоритма управлениях[1].

Одним из перспективных путей повышения точности обработки заключается в создании интеллектуальных систем управления технологическим процессом. Основу интеллектуальных систем составляет база знаний, в которой представлена гибкая логика решения задач управления[2]. Для формального представления технологических знаний необходима систематизация процессов, объектов и выявление факторов, сущностей, отношений, причинно–следственных связей и т.п.

Интеллектуальное управление должно осуществляться на основе полной и детальной конструкторско–технологической информации о детали, исходной заготовке, промежуточных стадиях заготовки; пооперационной технологии (станки, приспособления, инструменты); наладки операций; управляющих программы для станков с ЧПУ, фактических параметров технологических систем сквозного маршрута для обработки партии деталей. Для этого необходимо формализовать процесс обработки на станках с ЧПУ и установить качественные, логические связи между технологическими факторами процесса резания на основе анализа технологических процессов механообработки на станках с ЧПУ [3].

Целью данной статьи является систематизация информационно–логических структур объектов технологических процессов, обеспечивающих автоматизированное интеллектуальное управление.

В процессе управления точностью осуществляется компьютерное моделирование технологического процесса по преобразованию исходной заготовки в готовую деталь. Выходная модель заготовки после очередной операции поступает в качестве входной модели для следующей операции.

Информационные модели (логика данных) и правила базы знаний (логика решений) должны обеспечивать решение всех задач управления. Поэтому модели данных и правила преобразования данных необходимо рассматривать в едином комплексе. Основу интеллектуального управления технологическими процессами механической обработки составляет логическое моделирование.

Логика поиска решений определяется логикой модели детали, логикой технологии машиностроения (схемой расположения припусков, схемой базирования, операционными размерными связями, схемой погрешностей и т.п.) и логикой выполнения операций. На первом этапе систематизации и формализации предметной области представим структуру процесса механообработки резанием в виде семантической сети (см.рисунок 1), одного из классических способов представления знаний.

Графическая структура отражает все сущности технологического процесса, т.е. объекты и процессы: станок, станочное приспособление, приспособление спутник, режущий инструмент, деталь–заготовка, установка заготовки со спутником в станочное приспособление и зажим, наладка операции, процесс резания. Каждый объект содержит множество элементов и характеристик. Кроме этого установлены взаимосвязи объектов и процессов на всех уровнях структуры.

Управление точностью осуществляется на основе имитационного моделирования обработки деталей, которое отражает физический процесс. Например, производится установка и наладка приспособления для станка и в системе управления геометрически моделируется ориентация и перевод базовых элементов приспособления в систему координат станка. По полученной геометрической модели станок–приспособление производится измерение контрольных точек приспособления в системе координат станка, на основе которых оцениваются погрешности наладки и определяются отклонения от фактических для внесения изменения в координаты траекторий управляющей программы.

Для осуществления технологических операций в производстве производят наладку (настройку) станков для всех операций технологического маршрута, т.е. устанавливается станочное зажимное приспособление и режущий инструмент на станок. Инструмент предварительно настроен на оптическом приборе и устанавливается в шпиндель автоматически из инструментального магазина. В результате размерной настройки станка определяется положение режущих кромок инструмента в системе координат станка относительно установочной плоскости позиционного приспособления.

Каждая операция выполняется в следующей последовательности: устанавливается и зажимается заготовка (или заготовка с приспособлением спутником) в станочном приспособлении, а затем производится обработка по управляющей программе. После обработки заготовка снимается и передается на следующую операцию.

В процессе обработки осуществляется контроль параметров обрабатываемой заготовки и технологической системы, а также производится оценка отклонений параметров от запланированных. При возникновении отклонений осуществляется корректировка управляющих воздействий (параметрическая адаптация управляющей программы для станка с ЧПУ), а в случае превышения допустимых отклонений производится корректировка структуры техпроцесса (структурная адаптация техпроцесса).

Формирование операционных размеров поверхностей осуществляется при движении инструмента по траектории управляющей программы в системе координат станка. Технологическая система обработки на станках с ЧПУ представляет собой совокупность нескольких координатных систем (КС): станка (КСС), заготовки (КСЗ), детали (КСД), приспособления (КСП), инструмента (КСИ). Для осуществления процесса обработки с заданной точностью между указанными системами координат должны быть установлены требуемые размерные связи.

Процесс достижения точности при обработке состоит из трех отдельных связанных этапов:

- 1). Установка обрабатываемой заготовки.
- 2). Статическая настройка технологической системы.
- 3). Динамическая настройка технологической системы.

На каждом этапе формируются свои размерные связи, причем выдерживаемый при обработке окончательный размер A_{Δ} является замыкающим звеном размерной цепи:

$$\bar{A}_{\Delta} = \bar{A}_y + \bar{A}_c + \bar{A}_d, \quad (1)$$

где $\bar{A}_y$, $\bar{A}_c$, $\bar{A}_d$ – соответственно размеры установки, статической и динамической настройки.

Для обеспечения требуемой точности при обработке детали в ГПС необходимые размерные связи устанавливаются системой управления.

Таким образом, система интеллектуального управления точностью обработки должна решать следующие основные задачи:

- Моделирование наладки приспособления и инструмента.
- Моделирование установки заготовки на станке, в приспособлении или на рабочем месте, заключающейся в координировании и закреплении заготовки относительно координатной системы станка.
- Моделирование статической настройки кинематических и размерных цепей технологической системы.
- Моделирование динамической настройки.
- Моделирование измерения элементов технологической системы.
- Идентификация погрешностей.
- Анализ погрешностей и корректировка управляющей программы (траектория, режимы резания).
- Точностной размерный анализ технологического процесса.

Для уточнения информационных структур данных рассмотрим интегрированный автоматизированный комплекс проектирования – изготовления деталей (рисунок 2).

На этапе конструкторско–технологической подготовки производства формируются данные, необходимые для управления точностью обработки. С помощью систем автоматизированного проектирования конструкций (CAD) создаются геометрические 3D модели деталей (МД), которые поступают на вход системы автоматизированного проектирования техпроцессов (САРР) и системы автоматизированного программирования (САМ). В результате работы системы САРР формируются модели техпроцессов МТП, на основе которых проектируются управляющие программы (УП) для станков с ЧПУ с помощью САМ системы, а также модели заготовок (МЗ).

Интеллектуальная система управления (ИСУ) осуществляет управление точностью обработки деталей на основе информационных моделей МД, МТП, МЗ, УП и дополнительной информации. На схеме показан процесс получения готовой детали из заготовки в процессе обработки на всех операциях технологического процесса (материальный поток). Каждая операция выполняется на отдельном технологическом комплексе.

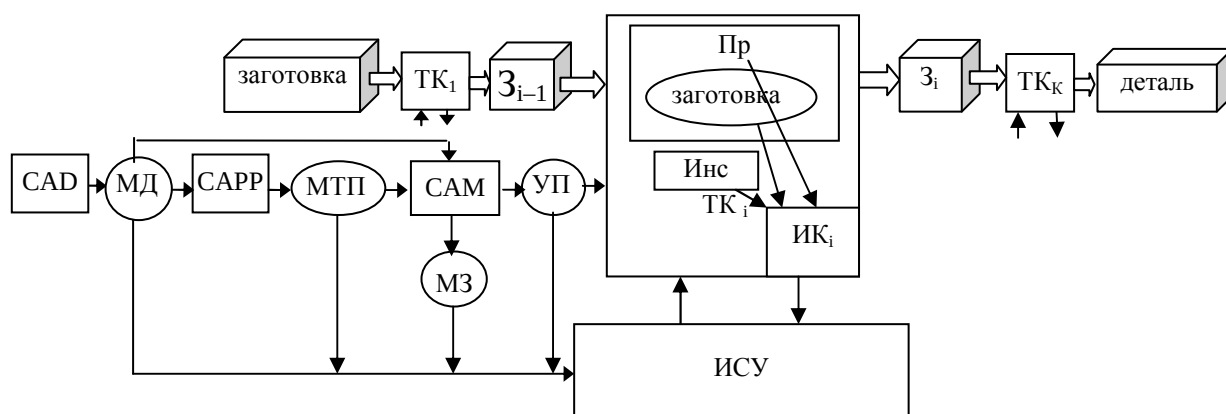


Рисунок 2 – Информационная схема интегрированного автоматизированного комплекса

Интеллектуальная система управления точностью обработки оперативно взаимодействует с технологическими комплексами (ТК) всех операций, которые состоят из технологической системы (станок с ЧПУ, приспособление (Пр), набор инструментов (Инс), заготовка) и измерительного комплекса. В свою очередь измерительный комплекс (ИК) включает:

- трехкоординатную телеметрическую головку или щуповую головку, которая представляет собой прецизионный датчик касания, находящуюся в инструментальном магазине станка. Головка по программе устанавливается в шпиндель станка и через каналы связи передает в систему управления параметры измерений установленных приспособлений, технологических баз детали, поверхностей заготовки до и после обработки на станке.

- трехкоординатную кабельную головку, установленную на столе станка. Посредством данной головки автоматизируется процесс размерной настройки каждого инструмента, хранимого в магазине станка, и автоматически настраивается положение исходной точки начала отсчета программных перемещений рабочих органов.

Измерительный комплекс работает по управляющей программе измерения, которая формируется ИСУ и передается для исполнения в систему ЧПУ станка. По результатам "обработки" сигналов, поступающих от головки, система управления вырабатывает управляющее воздействие на коррекцию управляющей программы движения рабочих органов станка.

Модель детали является информационным ядром для работы ИСУ, на основе которой выполняется моделирование основных задач по обработке детали. Модель детали имеет сложную логическую структуру (рисунок 1) и включает множество поверхностей, каждая из которой имеет набор характеристик: форма, параметры шероховатости и точности формы (плоскостность, цилиндричность и т.п.). Между поверхностями установлены размерные связи (линейные, угловые, радиальные, диаметральные) с параметрами (номинал, отклонения, допуск), а также точностные пространственные отклонения (параллельность, соосность и т.п.) с параметрами. Размерные связи имеют одностороннюю направленность, вектор направления ориентирован от поверхности с меньшей координатой к поверхности с большей координатой в системе координат детали. Для каждой поверхности задается вектор направления расположения припуска и вектор расположения материала относительно поверхности (в материал положительный) в системе координат.

Модель заготовки является ссылочной моделью данных на модель детали, т.е. каждая поверхность заготовки связана двухсторонней ссылкой с поверхностью детали. Таким образом, каждая поверхность модели детали связана со стадиями ее обработки через модель заготовки.

Модель ТП содержит упорядоченное множество операций. Каждая операция содержит традиционные общие параметры по операции код и название операции, модель станка, приспособление, схему наладки, а также модель операционных размерных цепей, соединяющих технологические, настроечные и измерительные базы и обрабатываемые поверхности с операционными размерами припусками и допусками на них.

При моделировании наладки операции производится перевод системы координат приспособления в систему координат станка, а также процесс размерной настройки каждого инструмента. После установки спутника с заготовкой на станочное приспособление моделируется его ориентация и определяется положение технологических баз детали в системе координат станка.

Для оценки погрешностей (наладки, установки и т.п.) ИСУ осуществляет мониторинг технологических систем маршрутного техпроцесса путем измерения фактических параметров. Все измерения выполняются в системе координат станка по управляющим программам, синтезируемых ИСУ. На основе данных моделей приспособления, заготовки определяются параметры измерений: вид формы измеряемых поверхностей, количество и расположение ключевых точек и их координаты.

Результаты измерений используются для анализа погрешности установки, статической и динамической настройки, минимального припуска, износа режущего инструмента, температурных и упругих деформаций, фактического припуска и косвенно твердости материала заготовки. Для этого применяются такие параметры модели детали (заготовки), как векторы направления припуска и расположения материала. Упругие деформации и износ инструмента направлены от материала, а температурные деформации – в материал. При измерении координат поверхностей вектора определяют направление подхода измерительной головки. На основе измеренных координат система вычисляет размеры между поверхностями и оценивает погрешности. Логика информационных моделей применяются также для определения положения инструмента относительно обрабатываемой поверхности и направление коррекции координат перемещений инструмента по управляющей программе.

Моделирование в ИСУ производится над геометрическими моделями с использованием логических пространственных отношений, т.е. выполняется логико–геометрическое моделирование.

УП имеет модульную структуру, каждый модуль которой кроме кадров УП содержит структуру зоны обработки со ссылками на обрабатываемые поверхности, схему их обработки («зигзаг», «эквилибр» и т.п.), обозначение инструмента и параметры режимов резания.

На этапе проектирования ТП когда конструкторские базы не совпадали с технологическими и измерительными базами производился расчет технологических размерных цепей и устанавливались технологические операционные размеры и производился пересчет допусков, обычно сопровождающийся их ужесточением. На этапе обработки деталей СИУ решает задачи размерного анализа сквозного технологического процесса на основе конструкторских и технологических размерных цепей. Для этого производится проверка размерной корректности технологического процесса на основе плана операций и размерных технологических цепей и заключается в том, чтобы ТП обеспечивал получение годных деталей в соответствии с чертежом, как по допустимым отклонениям размеров, так и по допускаемым величинам пространственных отклонений. Чертежные размеры и технические требования, которые не выполнялись непосредственно в ходе ТП, а являлись результатом выполнения других размеров, будут иметь колебания (поле рассеяния) равное алгебраической сумме допусков составляющих звеньев. Поэтому проверку таких звеньев ИСУ выполняет по следующим условиям:

$$TA_{\text{черт}} \geq \omega A_{\Delta} = \sum TA_{\text{оп}}, \quad (2)$$

где $TA_{\text{черт}}$ – допуск на контролируемый размер детали из чертежа; ωA_{Δ} – поле рассеяния замыкающего звена; $TA_{\text{оп}}$ – допуски составляющих звеньев технологической размерной цепи. В случае выявления запаса точности СИУ увеличивает технологические допуски на некоторые особо сложные операции. Если не выполняются условие, то СИУ повышает точность отдельных операций за счет средств активного контроля системы управления.

Выводы. Приведенная система интеллектуального управления на основе информационно–логических схем объектов технологической системы обеспечит повышение эффективности механообработки в условиях ГПС за счет сокращения припусков, общего времени изготовления всей партии выпуска изделий за счет:

1) уменьшения погрешности размеров для партии обрабатываемых деталей по сравнению с обычной обработкой с учетом запаса точности;

2) обработки на рациональных режимах резания с учетом индивидуальных особенностей каждой заготовки (фактические данные о припусках и твердости), использованием всех возможностей технологической системы, т.е. обработка с большей производительностью по сравнению с традиционным подходом.

Библиографический список использованной литературы

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. Обобщенный алгоритм интеллектуального управления точностью механообработки в условиях ГПС / В.И. Куля, В.А. Титков // Вестник СевНТУ. Сер. Машиноприборостроение и транспорт: сб. науч. тр. — Севастополь: СевНТУ, 2012. — Вып. 129 — С. 203–208.

Поступила в редакцию 22.03.2013 г.

Куля В.І. Інформаційно-логічні схеми інтелектуального управління точністю механообробки в умовах ГВС

Розроблені узагальнені інформаційно-логічні структури механічної обробки різанням і інформаційно-функціональна схема інтегрованого автоматизованого комплексу на основі інтелектуальної системи управління наскрізними технологічними процесами для автоматизованого виробництва.

Ключові слова: інтелектуальні системи, управління, вимірювання, керуючі програми, верстати з ЧПК.

Kulia V.I. Information–logical schemes of intellectual control of machining accuracy in the FMS conditions

The generalized information–logical structures of the mechanical machining and information-functional scheme of the integrated automated complex based on the intellectual control system of crossing technological processes for automated manufacture are developed.

Keywords: intelligent systems, control, measuring, control program, CNC machines.