

Дин Кай Цзянь

канд. техн. наук, профессор

ФГБОУ ВПО «МАТИ – Российский государственный
технологический университет им. К.Э. Циолковского»

г. Москва

Дин Нинь

студент

Харбинский педагогический университет

г. Харбин, Китайская Народная Республика

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ГПС НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Аннотация: в статье рассматривается концепция построения гибких производственных систем (ГПС) нового поколения для единичного и мелкосерийного производства с широкой номенклатурой изделий. Показаны недостатки отдельных станков с ЧПУ (затраты на переналадку, простои, невозможность автономной работы). Предложена концепция параллельных автоматизированных комплексов на основе модульного подхода. Обоснованы ключевые механизмы функционирования ГПС: технологическая подготовка производства «точно в срок», диагностика системы, инструментальное обеспечение (48 часов автономной работы), контроль качества (фотограмметрические системы, измерительные щупы). Приведены примеры Airbus и Toyota. Рассмотрены виды оснастки: специализированная, модульная, фазоизменяемая. Сделан вывод о необходимости комплексного обеспечения ГПС.

Ключевые слова: гибкие производственные системы, ГПС, станки с ЧПУ, модульный подход, диагностика.

Введение.

Развитие современного машиностроительного производства требует повышенной гибкости как в номенклатуре, так и в объемах производимых изделий.

Необходимость выпуска единичных деталей машиностроительных производств в составе сложных изделий является определяющим фактором при выборе технологического оборудования в пользу единичных станков с ЧПУ. Однако такой подход (наряду с преимуществами универсальности использования отдельных единиц оборудования в производственном цикле изготовления изделия) имеет и ряд существенных недостатков:

- 1) значительные временные затраты на переналадку оборудования при смене обрабатываемой детали (изменение номенклатуры);
- 2) простои оборудования при временном разрыве в графике поступления заготовок, в рамках нескольких изделий;
- 3) невозможность эксплуатации оборудования в автономном режиме для различных изделий, особенно в ночные смены;
- 4) малоэффективная структура оптимизации технологических процессов.

Все вышеперечисленные недостатки исключены при использовании гибких производственных систем (ГПС) в рамках классических последовательных технологических систем, но эффективность их применения прямо пропорциональна объемам выпуска детали и обратно пропорциональна существующей номенклатуре изделий, особенно при различном количестве технологических операций, исключающем возможность 100%-ной загрузки всех производственных модулей. Именно поэтому в единичном производстве эффективность эксплуатации автоматизированных производственных систем оказывается зачастую ниже, чем эксплуатация отдельного оборудования (рис. 1).

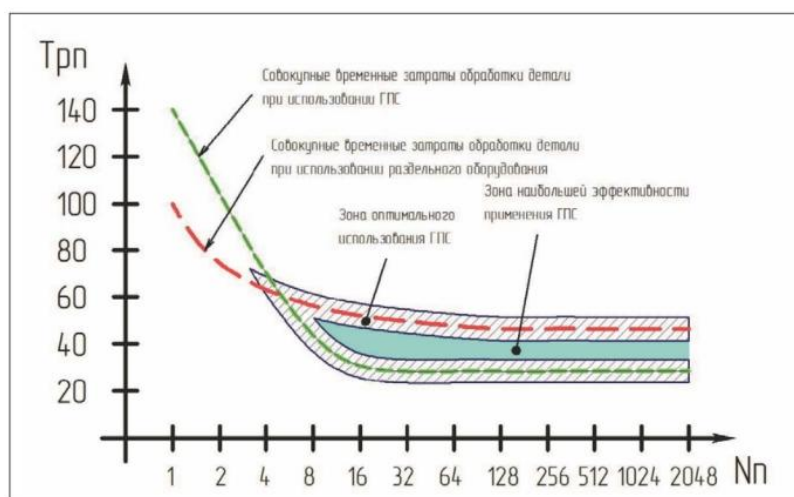


Рис. 1. Совокупные временные затраты при обработке деталей
($N_{п}$ – количество однотипных деталей, T – совокупное время обработки)

С учетом вышеизложенного разработана концепция формирования параллельных автоматизированных комплексов технологического оборудования для решения задач изготовления изделий в наукоемких производствах с широкой номенклатурой сборочных единиц небольшой серии. В основу концепции заложены следующие положения:

- 1) максимальная готовность оборудования к интеграции даже в полностью автоматизированное производство без участия человека;
- 2) компактное расположение компонентов системы, отвечающее требованиям заказчика;
- 3) максимальное сокращение времени выполнения вспомогательных операций за счет программной логики и оптимизации времени выполнения операций и настройки.

Основным моментом данной концепции является модульный подход к построению гибкой производственной системы (ГПС) на основе максимальной адаптации стандартных обрабатывающих компонентов применительно к работе в составе модулей.

Именно это позволяет обеспечить готовность оборудования к работе полностью в автоматизированном режиме, без участия человека. Кроме того, данный подход позволяет максимально сократить время вспомогательных операций и

проводить оптимизацию выполняемых операций за счет глубокой интеграции специализированного программного обеспечения. Основные модульные компоненты объединяются с учетом индивидуальных требований и с учетом специализации по типу выпускаемой продукции для создания максимально компактной ГПС, соответствующей требованиям производства.

В основе ГПС лежит принцип объединения производственных, измерительных, транспортных и других вспомогательных элементов в автоматизированную систему, способную работать в автономном режиме (рис. 2).

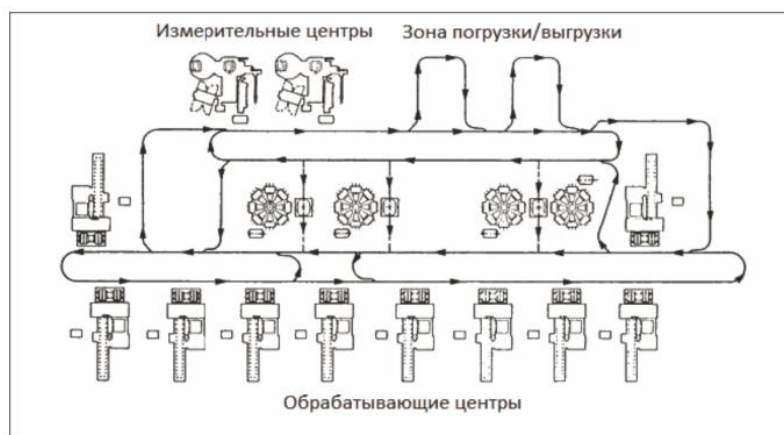


Рис. 2. Схема типовой ГПС

Эффективное функционирование ГПС нового поколения требует наличия механизмов, способных решать следующие задачи:

- 1) технологическая подготовка производства «точно в срок»;
- 2) диагностика системы;
- 3) инструментальное обеспечение;
- 4) контроль качества выпускаемых изделий.

Наличие каждого из вышеперечисленных механизмов требует разработки и реализации определенных технологий.

Технологическая подготовка производства.

На большинстве крупных машиностроительных предприятий, выпускающих сложную наукоемкую продукцию, используется распределенная по цеховым технологическим бюро структура технологической подготовки производства,

которая отделена от инструментального производства, создающего необходимую оснастку.

Подобный подход недопустим для технологической подготовки производства в рамках ГПС, требующей совмещения процесса разработки технологии, написания управляющих программ для обрабатывающих и измерительных станций системы, а также создания необходимой технологической оснастки.

При использовании ГПС для производства широкой номенклатуры изделий особенно остро встает вопрос о разработке необходимой оснастки, обеспечивающей требуемую точность, а также минимальное время переналадки. Данная проблема может решаться следующими способами:

- 1) создание специализированной оснастки для каждого производимого изделия;
- 2) создание модульной оснастки для определенных групп изделий;
- 3) создание фазоизменяемой оснастки.

Применение специализированной оснастки разумно только при условии, что номенклатура производимых изделий является небольшой. Примером использования подобного подхода может служить оснастка, применяемая в ГПС на заводе фирмы Airbus (Великобритания) [2], где номенклатура производимых на ГПС изделий равна десяти.

Модульная оснастка позволяет сократить количество приспособлений, необходимых при наличии широкой номенклатуры производимых изделий, путем использования стандартных элементов в рамках определенных групп деталей (рис. 3). Основным недостатком существующих наборов модульной оснастки является высокая сложность процесса сборки, требующая высококвалифицированной рабочей силы, что приводит к длительной подготовке производства и усложняет процесс переналадки [3].

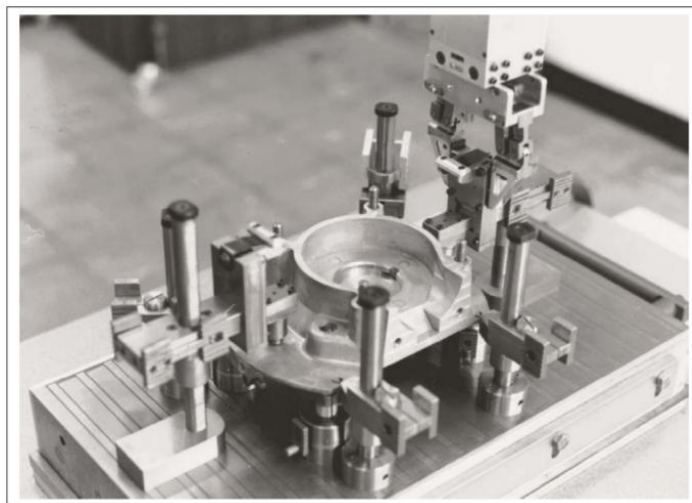


Рис. 3. Пример модульной оснастки

Фазоизменяемая оснастка основана на принципе изменения фаз материалом, использующим способность некоторых классов материалов менять состояние из жидкого в твердое и обратно в жидкое. Оснастка подобного типа обычно состоит из контейнера, наполненного одним из этих специальных материалов. Процедура фиксации начинается, когда двухфазный материал оснастки находится в жидком состоянии. Деталь сначала погружается в жидкость, которая практически не оказывает сопротивления процессу погружения, а потом материал оснастки под действием внешних сил меняет состояние из жидкого в твердое. Данное действие закрепляет деталь перед последующими операциями обработки. По окончании этих операций изъятие детали из оснастки достигается путем перехода фазы обратно в жидкое состояние. Использование подобных приспособлений в ГПС затрудняется в связи с необходимостью промывки деталей после их изъятия из оснастки.

Характерной особенностью технологической подготовки для ГПС является необходимость одновременного создания маршрутной, операционной технологии и управляющей программы для обрабатывающих центров, входящих в состав системы.

Эффективное функционирование данного подхода требует наличия базы данных трехмерных моделей совместно с соответствующими технологическими

процессами и управляющими программами для изделий, производимых на ГПС [4].

Диагностика системы.

Попытки создать автономно работающую ГПС активно предпринимались в 80-х гг. прошлого века, но низкая надежность обрабатывающего технологического оборудования и систем управления не позволили создать желаемую систему. Примером такой системы являлась Small Parts Flexible Manufacturing System, разработанная американской фирмой Westinghouse Electric Corporation в конце 1983 г [4], а также ряд отечественных систем [1].

Основной причиной низкой надежности первых образцов ГПС является отсутствие устройств, способных реагировать на возмущения, возникающие в процессе функционирования системы. Возмущения, появляющиеся в системе, представляют собой события, вызванные разностью между ожидаемыми и измеренными значениями параметров системы. Таким образом, современная ГПС должна иметь встроенные механизмы диагностики, позволяющие следить за параметрами ключевых элементов системы.

Диагностика системы должна проводиться как на уровне отдельных обрабатывающих центров в виде измерения текущих показателей оборудования (наличие и износ режущего инструмента, подача СОЖ, температурные деформации шпинделя, чистота рабочей зоны и удаление стружки), так и на уровне управления всей ГПС (состояние обрабатываемых изделий, положение и маршрут движения палет, статус обрабатывающих и измерительных центров).

Инструментальное обеспечение.

Отличительной особенностью ГПС нового поколения является возможность автономной работы в выходные дни, что требует наличия нужного количества необходимого инструмента в системе в течение всего цикла автономной работы.

Проблема инструментального обеспечения решается двумя способами:

- 1) наличием расширенного инструментального магазина;
- 2) использованием инструментального склада.

Использование инструментального склада в рамках ГПС требует наличия сложной автоматизированной схемы выбора инструмента на складе, его доставки и загрузки на обрабатывающий центр. В свою очередь, использование расширенного инструментального магазина не требует подобной схемы, что повышает надежность системы. Однако учитывая, что оборудование должно быть обеспечено инструментом в течение 48 ч автономной работы, емкости расширенного инструментального магазина может не хватить. Примером успешного использования расширенного инструментального магазина может служить ГПС на заводе Airbus в Великобритании [2]. Основой системы являются три горизонтальных пятикоординатных фрезерных станка Makino MAG3.Н, каждый из которых имеет расширенный инструментальный магазин объемом 120 единиц, что позволяет эффективно функционировать в течение 48 ч в автономном режиме.

Контроль качества.

Учитывая особенности функционирования ГПС в автономном режиме, необходим механизм контроля качества производимых на ГПС изделий. Необходимым элементом любой ГПС должна быть измерительная станция для проверки геометрии как заготовок, так и готовых изделий. Широко применяемые на машиностроительных производствах координатно-измерительные машины имеют низкую производительность, что не позволяет использовать их в рамках ГПС.

Альтернативной технологией, способной провести требуемый контроль геометрической точности, являются фотограмметрические системы (рис. 4).



Рис. 4. Установка для автоматизированного контроля качества на основе фотограмметрической системы

В основе этого контроля лежит принцип использования оптических систем для построения трехмерной модели детали. Данный подход обеспечивает требуемую скорость измерений, а также упрощает процесс управления измерительной установкой, так как она не требует написания управляющих программ для каждой отдельной детали. Точность наиболее совершенных фотограмметрических систем – до 5 мкм. Примером использования оптической системы контроля в рамках ГПС может служить установка контроля сварных швов, используемая на заводе фирмы Toyota в Японии [6].

Для повышения надежности системы необходимо иметь механизм контроля геометрии заготовок на обрабатывающем центре. Пример подобного механизма – измерительный щуп, принцип работы которого построен на отгибании стержня щупа при соприкосновении с измеряемой заготовкой: система ЧПУ фиксирует фактическое положение оси измерительного прибора и, таким образом, в системе формируется обвод измеряемой заготовки. В случае простых двумерных заготовок возможно применение бесконтактных измерительных приборов, использующих лазерные дальномеры. Данный подход позволит определить правильность выбранной заготовки до начала её механической обработки.

Заключение.

Эффективное функционирование гибкой производственной системы в условиях современного машиностроительного производства возможно только при наличии высокоэффективных машиностроительных технологий, позволяющих обеспечить:

- автоматизированную технологическую подготовку производства, совмещенную с созданием гибкой оснастки;
- контроль качества производимых изделий;
- диагностику системы и инструментального обеспечения.

Список литературы

1. Инноватика: учебник для вузов / С.Г. Селиванов, М.Б. Гузайров, А.А. Кутин. – М.: Машиностроение, 2007. – 721 с.
2. Flexible manufacturing cell for Superjumbo wing rib manufacture // Aircraft Engineering and Aerospace Technology. – 2006. – Vol. 75. Iss. 6.
3. Ogorek M. Workholding in the flexible system / M. Ogorek // Manufacturing Engineering. – 1985. – July.
4. Gandhi M.V. Automated design of modular fixtures for flexible Manufacturing Systems / M.V. Gandhi, B.S. Thompson // Manufacturing Systems. – 1986. – Vol. 5. No. 4.
5. Boyes W.E. Handbook of Jig and Fixture Design / W.E. Boyes. – 1995.
6. Raouf A. Flexible manufacturing systems: recent developments / A. Raouf, M. Ben-Daya. – 1998.
7. Krauskopf B. Fixtures for small batch production / B. Krauskopf // Manufacturing Engineering. – 1984.