

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Григоренко О. В., Ковалевский С. В.

Представлен обзор реконфигурированных производственных систем. Предложены теоретические и методологические подходы по формированию реконфигурированного производства. Рассмотрены технико-эксплуатационные параметры такие, как надежность, точность, которые устанавливаются при смене компоновки, когда формируется структура в последовательности многоуровневого выявления связей. Показаны главные преимущества реконфигурируемых производственных систем, которые проявляются в возможности объединения полной гибкости с высокой производительностью, и необходимость дальнейшей разработки общей структуры. Реконфигурация рассматривается как ключевая возможность будущего в машиностроении.

Представлений огляд реконфігуруємих виробничих систем. Запропоновані теоретичні і методологічні підходи по формуванню реконфігурованого виробництва. Розглянуті техніко-експлуатаційні параметри такі, як надійність, точність, які встановлюються при зміні компонування, коли формується структура в послідовності багаторівневого виявлення зв'язків. Показані головні переваги реконфігуруємих виробничих систем, які проявляються в можливості об'єднання повної гнучкості з високою продуктивністю, і необхідність подальшої розробки загальної структури. Реконфігурація розглядається як ключова можливість майбутнього в машинобудуванні.

The review of the reconfigurable manufacturing systems is presented. theoretical and methodological approaches on formations reconfigurable manufactures are offered. Technical operating parameters are considered such, as reliability, exactness, which is set at changing of arrangement, when a structure and arrangement are formed in the sequence of multilevel exposure. The main advantages of reconfigurable manufacturing systems which are shown in possibility of full flexibility with high efficiency and necessity of the further working out of the general struck-rounds are shown. Reconfiguration is considered, as key possibility of the future in mechanical engineering.

Григоренко О. В.

магистр ДГМА

Ковалевский С. В.

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ТиУП ДГМА
sergey.kovalevskii@dgma.donetsk.ua

УДК 621.91.002

Григоренко О. В., Ковалевский С. В.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Промышленное производство за последние несколько лет значительно изменилось. Потребительский рынок выдвигает свои требования, которые характеризуются увеличением введения частоты новых продуктов, большие колебания в спросе на продукт и изменениями в технологии процесса изготовления деталей.

Существующие производственные системы, даже гибкие, не обладают такими возможностями полностью изменять структуру для конкретного продукта. Реконфигурируемые производственные системы – это новые системы с изменяемой архитектурой, которые могут вовремя адаптировать свою структуру и имеют для этого быстрые и надежные процессы планирования и внедрения изменений, могут развиваться вместе с возрастающей динамикой рынка [1].

На сегодняшний день наработан огромный опыт работы автоматизированных и автоматических поточных линий для изготовления деталей в массовом производстве. Но его перенос на сложные, многономенклатурные производственные процессы мелкосерийного производства без учета его специфики не даст никакого положительного эффекта. Для этого машиностроительные производства необходимо оснастить новыми, переналаживаемыми типами производственных систем, которые быстро и экономически эффективно реагировали бы на различные рыночные изменения. Выходом из сложившейся ситуации явилось бы использование реконфигурируемых производственных систем (РПС), которые состоят из переналаживаемого оборудования и переналаживаемых устройств управления [2].

На сегодняшний день существует два главных типа производственных систем: автоматизированные поточные линии и гибкие производственные системы (ГПС). Поточные жесткие линии основываются на дорогой автоматике и производят изделия одной номенклатуры в больших объемах. Высокая производительность достигается за счет многоинструментальной обработки [3]. Применение таких систем экономически оправдано только тогда, когда спрос на выпускаемые изделия превышает предложение. Изменчивость требований рынка велика, поэтому автоматические линии не всегда работают на полную мощность, следовательно, срок окупаемости возрастает. ГПС принесли в производственный процесс гибкость. Гибкость – способность произвести продукт высокого качества по низкой цене в кратчайшие сроки. ГПС состоит из дорогостоящих многоосевых станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и системы транспортировки материалов и деталей [4]. При этом система управляется одним или более компьютерами, что позволяет ей вести обработку изделий одной или нескольких групп без человеческого вмешательства. Из-за отсутствия многоинструментальной обработки производительность ГПС ниже, чем узкоспециализированных производственных систем. При этом стоимость ГПС очень высока, так как при проектировании станков с ЧПУ станкостроители стараются вложить в них изначально как можно больше различных функций, чтобы сделать систему универсальной, а это дорогостоящее решение.

В мировой практике развития машиностроения с развитием ГПС широко осуществляются научные исследования по созданию реконфигурируемых производственных систем, изменяющейся компоновки и конфигурации. Реконфигурируемые производственные системы (РПС) должны не только переналаживаться и иметь автоматические устройства смены

инструмента, оснастки и отдельных узлов, а могли бы автоматически изменять структуру и компоновку в реальном времени из различных узлов для решения конкретной производственной задачи, не останавливая переходного процесса смены технологий.

Анализ публикаций, в которых рассмотрена проблема РПС, дает возможность делать вывод, что основными вопросами, затрагивающие эту тему, являются: изучение и обмен опытом по вопросам реконфигурации; теоретические и методологические подходы по формированию реконфигурированного производства.

Целью данной статьи является теоретическое обоснование реконфигурированных производственных систем для улучшения технологических факторов выпускаемой продукции.

В работе предлагается теоретическое обоснование новых возможностей реконфигурированной системы и изложены проблемные вопросы проектирования.

Новый производственный подход, сочетающий в себе высокую производительность узкоспециализированных линий с гибкостью ГПС, а также имеющий возможность реагировать быстро и эффективно базируется на следующих принципах [5]:

- проектирования и внедрение в производство систем и станков с переналаживаемой структурой;
- проектирования производственной системы вокруг группы деталей с экономически эффективной гибкостью, требуемой для производства всех изделий этой группы (это сокращает стоимость системы).

В отличие от традиционных узкоспециализированных линий и ГПС производственные возможности РПС могут изменяться плавно в зависимости от требований производителя и конечного потребителя.

В табл. 1 представлена сравнительная характеристика возможностей существующих систем с реконфигурируемыми производственными системами.

Таблица 1

Сравнение характеристик производственных систем

Типы систем	Автоматические линии	ГПС	РПС
Оборудование	Недорогая автоматика	Обрабатывающие центры	Реконфигурируемые станки
Машинная структура	Неподвижная	Неподвижная	Приспосабливается к изменениям
Продукция	Партии однотипных деталей	Изготовление в пределах известного семейства	Машинная адаптация к производству новых продуктов
Масштабируемость	Отсутствует	Да	Да
Гибкость	Отсутствует	Общая	Настроенная
Программное управление	Закрытое	Закрытое	Открытая архитектура
Сравнительная стоимость	Низкая	Высокая	Средняя

Основным компонентом РПС являются переналаживаемые станки – новый тип модульных станков с изменяющейся структурой, что позволяет переналаживать их ресурсы (например, добавлять второй шпиндель). В добавлении к РПС также есть реконфигурируемые

системы управления, что позволяет быстро изменить и объединить в открытую структурную среду. Такие системы соединяют промежуток между специализированными линиями и ГПС, и комбинируют преимущества обоих подходов.

Существует шесть характеристик для проектирования РПС, определение каждой характеристики следующие:

- Модульность – все системные компоненты, и аппаратные средства и программное обеспечение, должны соответствовать модульному принципу построения;
- Интегрируемость – системы проекта и компоненты должны объединяться в единую технологию;
- Обратимость – позволяет быстрое переключение между существующими продуктами и быструю системную адаптацию для будущих продуктов;
- Диагностируемость – быстрая идентификация качества и проблем надежности, применение новых средств контроля;
- Настройка – проектирует системную возможность и гибкость (аппаратные средства и управления), чтобы соответствовать новой продукции;
- Масштабируемость – возможность расширения производственной мощности путем добавления или изменения составных модулей.

Первичная цель реконфигурируемого станка состоит в том, чтобы справиться с различными изменениями в продуктах или деталях, которые будут произведены. Ниже перечислены возможные изменения, которые должны быть учтены.

Разнообразие размеров заготовки – обеспечивается подготовкой единиц оборудования (модулей), таких как станина, шпиндельный модуль, и т. д. с различными размерами.

Геометрия детали – чтобы увеличить машинные функциональные возможности для геометрической сложности деталей, добавляются новые модули движения или заменяется один из модулей, обеспечивающий необходимое количество степеней свободы. Нет необходимости закупать дорогие 5 координатные обрабатывающие центры, которые не используются на полную мощность, обработку обеспечит соответствующая комбинация модулей.

Программа выпуска – чтобы увеличить норму производства, способность машинного шпиндельного модуля может быть изменена от одношпиндельного модуля до двойного или даже мультишпиндельного модуля. Мультишпиндельный модуль – очень сильный инструмент, чтобы увеличить производительность. Собранные из блоков шпиндельные модули с различным диапазоном скорости – примеры использования реконфигурируемых станков. Число шпинделей может измениться, чтобы приспособить желательную норму производства. Каждый шпиндель является модулем с осью Z.

Точность механической обработки – обеспечивается объединением в единую структуру всех соответствующих интерфейсов реконфигурируемых станков. Нежелательное дополнение может иметь отрицательный эффект на машинную точность после реконфигурации. Соответствие между машинными модулями очень важный аспект, поскольку точность механической обработки определена объединенными движениями инструмента и работы модулей и их интерфейсов. Точность механической обработки также изменяется под влиянием статической и динамической жесткости машины, тепловой деформации машины.

Автономия модуля – большинство подвижных модулей и модули диска снабжены электричеством и связаны с контроллером проводами. Некоторые из них также требуют гидравлики и сжатого воздуха.

Интерфейсы между модулями, которые будут собраны, должны быть стандартизированы, точно произведенные. Методологии должны также быть развиты, чтобы быстро измерить и корректировать выравнивание модулей. Сокращение статической и динамической жесткости при интерфейсе – проблема, которая будет решена.

Решающее значение реконфигурации – это использование системного подхода в проектировании производственного процесса, что позволяет одновременную реконфигурацию всей системы, аппаратного обеспечения станков и программного обеспечения системы управления.

РПС позволяет добавлять при необходимости новые функции в отличие от ГПС, в которые заранее включено множество ненужных для данного производственного процесса функций. Также в отличие от узкоспециализированных линий и ГПС производственную мощность можно менять как угодно. Конфигурация системы может быть определена как набор станков и средств их оснащения и связь между ними. Изменение производственных мощностей достигается за счет изменения конфигурации системы, т. е. реконфигурации.

Таким образом, РПС экономически эффективней, чем существующие сейчас производственные системы.

В настоящее время развитие реконфигурируемых производственных систем находится на самой начальной стадии. Нет единого систематизированного подхода к изучению всех аспектов данной проблемы, нет разработанных методологий и алгоритмов изучения и проектирования систем, методы проектирования разработаны лишь для частных случаев. Нет единой научной основы, она только создается.

В работе рассматриваются проблемные области, связанные с проектированием реконфигурируемых систем. Исходными данными для проектирования является заданная номенклатура изделий, узлов и деталей, подлежащих изготовлению и сборке (цеховой список); годовая программа выпуска по каждому наименованию изделий и деталей.

Любой процесс проектирования инновационной системы включает опасные элементы; поэтому важно управление риском. Процесс снижения риска, связанный с техническими аспектами, непосредственно связывается с возможностью управления эффективно и профессионально процесс разработки проекта.

Во-первых, все необходимые машинные спецификации должны быть четко определены. Концептуальный проект машины как система и все ее главные элементы, является вторым важным шагом. Приблизительно 70 % важных функций и свойства машины и ее вероятности, чтобы работать успешно определяются на данном этапе. Чтобы уменьшить риск, концептуальное и детальное проектирование должно сопровождаться исследованиями, моделированиями.

Детальное проектирование машинных элементов должно быть точным и должным образом согласованно устранять ошибки и потребность корректирующих средств, которые имеют место только после производства.

Необходимо удостовериться в начале, прежде чем запустить процесс, что существует допустимая и детализированная интеграция реконфигурируемого станка, калибровка и процесс тестирования.

Все машинные части должны быть осмотрены, и только руководитель проектов может одобрить интеграция частей, которые отклоняются от требований в рисунках.

Компоновка реконфигурируемого станка главным образом состоит из коммерчески доступных машинных модулей.

В худшем режиме реконфигурируемый станок может использоваться в качестве стандартного станка с ЧПУ, и следующее поколение будет создано, только добавляя несколько из новых модулей.

Общая открытая архитектура, которая определяет, где модули могли быть привязаны на шасси, чтобы обеспечить устойчивость и безопасность, и как модули будут соединены и интегрированы друг с другом, рассматривает три аспекта:

- механика (например, скобки, болты, канавки, и т. д.);

- питание (электрическое, гидравлическое, и т. д.);
- информация (сигналы датчика, вычисления и средства управления).

Процесс создания реконфигурируемой системы машин синтезируется в единую интегрированную систему автоматизированных процессов проектирования технологии и создания системы машин, приводящих к значительному сокращению сроков подготовки производства, значительному сокращению производственных затрат, повышению эффективности машиностроительного производства.

Для РПС технико-эксплуатационные параметры такие, как производительность, надежность, точность и другие, устанавливаются при смене компоновки, когда формируется структура в последовательности многоуровневого выявления связей между элементами, связями между сформированными подсистемами на различных уровнях структурной иерархии непосредственно в режиме преобразования системы.

РПС является высокоавтоматизированным производством, для которого заданной функцией является выпуск продукции требуемого качества в необходимом количестве. Надежностью автоматизированного производства является, прежде всего, способность к бесперебойному выпуску годной продукции. Основной проблемой надежности автоматизированного производства является создание высокопроизводительных автоматических систем машин с малыми проблемами производительности, с минимальным количеством обслуживающих и ремонтных работ. Вся структура РПС разительно отличается от существующих систем. В автоматизированном производстве поступает сигнал о неработоспособности системы, обнаружение и устранение, т. е. ремонт либо настройка [6]. На все это затрачивается столь ценное и дорогостоящее в машиностроении время. В РПС происходит другая ситуация. При наступлении отказа, какого – либо элемента (механизма, устройств, аппаратуры) происходит автоматическая замена ненадежного элемента, не дожидаясь его окончательного ремонта. Тем самым увеличивается жизненный цикл системы.

ВЫВОДЫ

На сегодняшний день реконфигурация появляется как важная новая тенденция в проектировании производственных систем. Поэтому, реконфигурируемое производство – широкая область, которая продолжает привлекать к ее детальной разработке. В настоящее время развитие реконфигурируемых производственных систем находится на самой начальной стадии. Некоторые из исследовательских тем области включают такие аспекты, как экономическое моделирование цикла жизни производственных систем, оптимальная конфигурация, реконфигурация контроля и информационных систем.

Создание реконфигурируемых производственных систем является необходимым в условиях современной рыночной экономики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yoram Koren *The Global Manufacturing Revolution : Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems* / Yoram Koren. – Copyright, 2010. – 422 p.
2. Dashchenko A. I. *Reconfigurable Manufacturing Systems and Transformable Factories* / A. I. Dashchenko // *Springer Series in Advanced Manufacturing*. – 2009. – 757 p.
3. *Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учеб. для вузов* / Н. М. Капустин, П. М. Кузнецов, А. Г. Схиртладзе и др.; под ред. Н. М. Капустина. – М. : Высш. шк., 2004. – 415 с.
4. *Гибкие производственные системы, промышленные роботы, роботизированные комплексы* / Под ред. Б. И. Черпакова. – М. : Высшая школа, 1989 – Кн. 3.
5. Нахапетян Е. П. *Реконфигурируемые производственные системы. Стружка* / Е. П. Нахапетян, А. Н. Феофанов. – 2006. – № 3. – С. 12–14, 3 ил. Библ. 9. Рус.
6. *Автоматизация производственных процессов : учебник для вузов* / Кузнецов М. М. и др.; под ред. Г. А. Шаумяна. – [Изд. 2-е, перераб. и доп.]. – М. : Высш. школа, 1978. – 256 с.

Статья поступила в редакцию 18.10.2011 г.