

НАУЧНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭНЕРГОЕМКИХ ИМПУЛЬСНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Савченко Н.Ф., канд. техн. наук, Соломяный А.У., канд. техн. наук,
Павиченко В.П.

(Харьковский национальный экономический университет)

В работе обоснована необходимость и показаны особенности проектирования энергоемких высокобезопасных импульсных устройств для технологии машиностроения.

Важнейшими задачами, стоящими перед технологией машиностроения, как показали исследования профессора ХАИ Р.В. Пихтовникова еще в 50-70-е годы прошлого столетия (столетие которого в октябре 2007 г.), являются, с одной стороны, повышение эффективности использования ресурсов, а, другой, уменьшение издержек при создании все более точных и качественных изделий (или оказания услуг), отраженные в последующем многими авторами [1-5]. С позиций максимизации эффективности использования ресурсов экономически оправданными будут методы с использованием импульсных энергоносителей. Среди многих универсальных и технологически эффективных, с точки зрения экономии ресурсов, методов можно выделить струйную, гидроструйную обработку, обработку дробью, центробежную обработку, беспрессовые методы (гидровзрывную, электрогидравлическую, магнито-импульсную, с использованием эластичных и газовых сред) и т. п., оказывающие существенное влияние на качество, производительность и состояние поверхностей деталей и изделий, их коррозионные и прочностные характеристики.

Постановка задачи. Исходя из того, что любая технологическая система – это совокупность функционально взаимосвязанных предметов производства, средств технологического оснащения и исполнителей, можно сделать вывод о целесообразности включения в ее состав как дополнительного оснащения специально предусмотренных элементов минимизации расходования ресурсов и обеспечения безопасности технологического комплекса как технологической системы.

Цель исследования. Эволюционное изменение параметров любой технологической системы, например по принципу «жизненного цикла» (рис.1) свидетельствует о необходимости учитывать тенденцию совершенствования параметров технологических систем (ТС). Важнейшими из них могут быть:

- интенсивность воздействий на обрабатываемый материал;
- длительность воздействия;
- возможность групповой обработки;
- возможность изменения параметров ТС в самых широких пределах; возможность взаимосогласования в широких пределах параметров изделия и устройства для выполнения различных операций; возможность

минимизации нерационального использования энергоносителей, используемого для выполнения технологических операций (основных и дополнительных).

Исходя из этого, целесообразно считать перспективным (интенсивность нагрузки, точность изделий) дальнейшее совершенствование импульсных технологий.

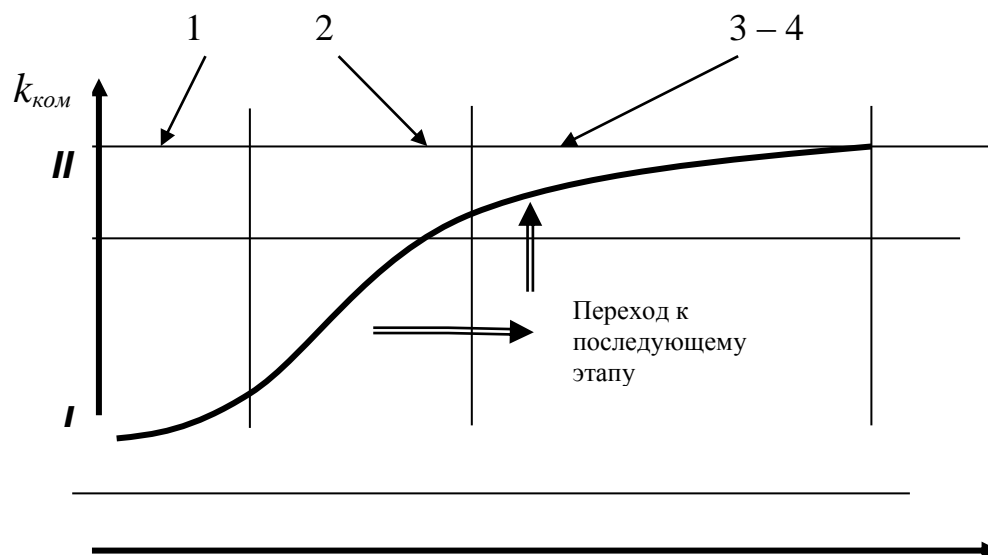


Рис.1. Эволюционное изменение параметров технологической системы (ТС): 1, 2, 3, 4 – этапы изменения в течение периода времени T эффективности ТС.

Методика исследований. Как основное положение о необходимости разработки и усовершенствования методов проектирования именно импульсных устройств, кроме их известных преимуществ – минимальных капиталовложений (и недостатков – повышенных требований к технике безопасности), – используется положение о высоких энергетических возможностях и возможность осуществления экологически безопасных технологий.

Многообразие вариантов взрывчатого превращения (продукты реакции вода, углекислый газ, сажа, ядовитый газ) свидетельствует о необходимости рассмотрения импульсных устройств как специальных и гибких технологических систем. При этом такого типа импульсные устройства, являющиеся мобильными и многофункциональными, можно классифицировать как многофункциональные системы или могущие преобразовываться в них с интеллектуально программируемым комплексом технологических операций. При классификации и проектировании ГТС с использованием импульсных устройств следует исходить из того, что эти комплексы могут быть не только пассивными системами определенного технологического назначения, но и активными многофункциональными системами, специально оснащенными для адаптации к изменению ситуации в технологической зоне энергоаккумулирующими устройствами, например по принципу использования отходов производства. Общим с позиции построения различных типов ГТС

можно считать наличие универсальных рабочего органа (или нескольких), привода и специального типа устройств управления работой рабочего органа для выполнения при необходимости нескольких различных технологических операций. Эффективность использования ГТС существенно может быть увеличена благодаря их адаптации к меняющимся условиям технологической среды, что обеспечивается управляющими системами с использованием специальных датчиков. Существенно и то, что важным преимуществом ГТС может также считаться и возможность встраивания в существующие технологические комплексы без ухудшения их функционирования. Именно эти признаки и позволяют классифицировать предлагаемые устройства как гибкие технологические системы.

Для разработки направлений проектирования и классификации ГТС необходимо также учесть назначение изделия, энергозатраты на его изготовление, особенности пространственного размещения в технологической зоне, совместимость имеющегося (традиционного для предприятия) оборудования и ГТС. Как основные признаки классификации могут быть выбраны конструктивные, особенности ГТС, а также применяемые средства их технологического оснащения. При этом все элементы такой системы могут быть двух основных видов исполнения по отношению к производственному технологическому комплексу: внешнего (вне цеха) или внутреннего.

Дальнейший выбор решений при необходимости может проводиться как:

- 1) общий структурный синтез всей ГТС, если определяется ее компоновка и принцип применения;
- 2) элементный синтез, если предполагается формирование каких-то узлов, частей ГТС.

Таким образом, на первом этапе следует разработать матрицы элементов, столбцы которых составные части ГТС, а строки – альтернативные варианты локальных решений. Примерами такого подхода можно считать варианты ГТС, в составе которых имеется:

- привод – электрический, гидравлический, пневматический, термический, химические взрывчатые вещества;
- передача – волновая, упруго механическая, импульсно-циклическая, комбинированная;
- рабочий орган – высокоскоростной поток газовой, жидкой и комбинированной среды, твердое тело (снаряд, технологический блок), изменяющие в техногенной зоне агрегатное состояние среды или нет;
- системы и устройства аккумуляирования и обеспечения функционирования ГТС – термические, пневмо - вакуумные, электрические или отсутствовать;
- управляющие устройства – механические, пневматические, электромагнитные, тепловые и возможные их комбинации.

Дополнительные функции ГТС, обеспечиваемые ее элементами – дробление и утилизация отходов производства в технологической или интегрированной к ней зоне, возможность их вторичного использования.

Общее количество вариантов решений может определяться как

произведение количества элементов в каждой строке создаваемой морфологической таблицы как приложение к паспорту предприятия или техногенного объекта:

$$N = Z_{otj} \cdot Z_{6e} \cdot \dots \cdot Z_{m_w},$$

где a, q, \dots, m - элемент в соответствующей строке с характерными признаками, $j, e, w = 1, 2, \dots, k, \dots, n$ - их количество.

Примерами ГТС могут быть экологические комплексы, оснащенные специальными рабочими органами по типу вакуумные малогабаритные камеры (капсулы), контейнеры с энергоносителями (горючие газы, взрывчатые вещества и другие: электромагнитные, магнитно-импульсные, пневматические, тепловые и т.д.), а также их соответствующие комбинации. При этом использование мощных и компактных импульсных энергоносителей (горючих газов, взрывчатых веществ) представляется одним из эффективных направлений разработки ГТС.

Основные положения, на которых базируется создание ГТС:

- перевооружение производства и пересмотр существующих технологий (их паспортизация) с позиций экологической безопасности, максимального ресурсо- и энергосбережения;
- создание новых технологий на основе последних научных достижений;
- экономическая эффективность;
- пересмотр организационно-экономических принципов;
- внедрение готовых технологических систем, способных к автономному функционированию;
- высокий уровень надежности систем и их гибкость, под которой понимается способность технологической системы к дальнейшему ее функционированию, безопасному для окружающей среды даже в случае выхода из строя отдельных элементов системы;
- минимальные затраты на технологическое переоснащение производства;
- возможность взаимодействия с автоматизированными системами управления производством.

Основные результаты. Разработаны подходы к совершенствованию импульсного типа устройств на основе использования легко адаптируемых к условиям производства энергоносителей.

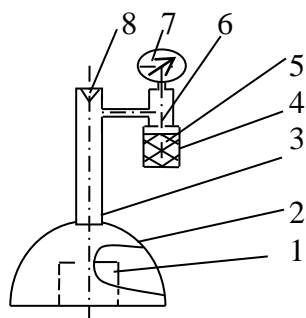


Рис. 2. Импульсное устройство модульного типа: 1- объект воздействия (заготовка); 2 - энергоблок; 3, 8 - элементы модуля инициирования импульсного воздействия (детонационная трубка и блок поджига смеси); 4, 5, 6 - модуль энергоносителей (корпус газогенератора, реакнты, активатор); 7 -

энергоносителей могут быть не только вещества, традиционно относящиеся к энергоносителям типа горючих газов, но и вещества, относящиеся к отходам производства, которые после определенных воздействий могут использоваться в технологических целях.

На рис. 2 приведена схема

модульно-блочного устройства для импульсной обработки материалов (штамповка, очистка каналов, микролегирование, получение сажи).

Внешняя нагрузка интенсивностью p (до 100 Мпа и более) создается с использованием специального типа импульсных камер с энергогенерирующими устройствами типа газогенераторов (патент Украины № 72357).

С позиций системного подхода процессы, происходящие в системе, могут быть описаны как совокупность энергетических потоков различной природы (электрическая, тепловая, механическая и др.).

Идентифицировать ГТС и ее компоненты как гибкие технологические комплексы и объекты исследования, разработки, внедрения и эксплуатации позволяют следующие принципы [1,2]:

1. Принцип совмещения высокой производительности и универсальности. В традиционном производстве наибольшая производительность достигается на автоматических линиях и специализированном оборудовании, а наибольшая универсальность – на технологическом оборудовании с ручным управлением и ограниченными возможностями интенсификации использования энергоресурсов. При этом производительность такого оборудования недопустимо мала.

Применение ГТС, использующих легко перестраиваемое импульсное оборудование, позволяет совместить высокую производительность с универсальностью на оптимальном уровне, возможном при современном развитии техники.

2. Принцип технологической гибкости. Способность ГТС в короткие сроки и с минимальными затратами переходить к изготовлению новых объектов производства (деталей, узлов, изделий) характеризует гибкость системы.

Различаются следующие виды гибкости ГТС [2]:

- операционная (технологическая), обеспечиваемая возможностью быстрой смены комплектов приспособлений, инструментов и управляющих программ;
- маршрутная, проявляющаяся в возможности изменения маршрута детали по станкам внутри системы в соответствии с программой ее обработки;
- морфологическая (функциональная), направленная на обеспечение оптимального распределения материальных потоков (деталей, инструментов и т. д.) внутри системы путем соответствующей ее перенастройки или перестройки.

3. Принцип модульности. ГТС строится на базе модулей.

Модуль, являясь компонентом ГТС, также может состоять из компонентов. Не только модуль, но и его компонент может быть самостоятельно разработан, изготовлен и внедрен, однако присущие ему функции он может выполнять только в составе модуля. Важнейшие модули могут быть классифицированы по технологическому принципу (или оснащению); по виду энергоносителя; наличию или отсутствию аккумулирующих устройств; оснащению устройствами управления; сигнализации; обеспечения безопасности; возобновления ресурсов и др.

4. Принцип иерархичности. ГТС в самом общем виде представляет собой многоуровневую структуру: на самом нижнем уровне находятся заготовительные операции, на самом высоком – формирование поверхностного слоя или сборка конструкции.
5. Принцип обеспечения максимальной предметной замкнутости на возможно более низком уровне. Соблюдение этого принципа позволяет свести к минимуму затраты на межоперационное перемещение деталей, сократить число деталиеопераций. Наиболее эффективно достижение предметной замкнутости на уровне модуля. Однако при современном развитии техники это не всегда достижимо, а в некоторых случаях экономически нецелесообразно.
6. Принцип функционирования при ограниченном количестве производственного персонала (принцип безлюдности). В соответствии с этим принципом решается задача максимального сокращения численности обслуживающего персонала за счет повышения уровня автоматизации выполняемых системой функций и автоматического контроля за ходом технологического процесса. Другим аспектом этой задачи является возможное продление срока функционирования системы без вмешательства человека.
7. Принцип специализации и интеграции. Этот принцип определяет возможность создания совместимых технологических систем.
8. Принципы системной организации ГТС. Под этими методологическими для поискового проектирования ГТС [1] принципами подразумеваются принцип технологической универсальности и принцип самоорганизации, в свою очередь базирующийся на принципах приспособительной деятельности, живучести, самовосстановления, саморазвития, эволюционно-адаптированного проектирования и внедрения системы.

Принцип универсальности выражает тенденцию к расширению технологических возможностей системы и соответственно номенклатуры обрабатываемых деталей, уменьшению числа установов, сокращению технологических маршрутов, протяженности транспортных путей, увеличению производительности системы, степени завершенности обработки детали.

Принцип приспособительной деятельности проявляется в адаптации системы к условиям внешней (технологической) среды. В результате реакции системы ее технологические возможности приводятся в соответствие с технологическими потребностями запускаемых в производство изделий путем соответствующих переналадок элементов и связей внутри системы.

Принцип живучести характеризует свойство ГПС активно противостоять вредным воздействиям внешней среды и, в случае помех, выполнять свои функции путем перестройки структуры или перераспределения функций между нормально работающими элементами.

Принцип самовосстановления направлен на поддержание и сохранение технологического потенциала системы на заданном (проектном) уровне, что достигается обеспечением системы средствами самодиагностики и самовосстановления отказавших элементов или их автоматической замены.

В основу принципа саморазвития положено свойство системы развиваться и эволюционизировать как путем замены элементов более эффективными и прогрессивными, так и путем трансформации морфологической структуры с целью расширения технологического потенциала.

Принцип эволюционного проектирования и внедрения ГТС выражается в продолжении проектирования после того, как она создана, корректировке проектных решений в процессе отладки и ступенчатом (поэтапном) наращивании мощности технологического потенциала и степени автоматизации ГТС в процессе внедрения.

Таким образом, возможные конструктивные решения обнаруживаются последовательно, после полного перебора вариантов, с учетом принципов системного проектирования, при этом каждый вариант проверяется на соответствие всем условиям ограничения совместного применения. При большом количестве возможных вариантов такой подход довольно трудоемкий, но является вполне оправданным при прогнозировании эффективности имеющихся средств обеспечения предприятия возобновляемыми и, в особенности, невозобновляемыми ресурсами.

Список литературы

1. Модульное оборудование для гибких производственных систем механической обработки: Справочник/Р. Э. Сафраган, Г. А. Кривов, В. Н. Татаренко и др. – К.: Техника, 1989.– 175 с.
2. Технологичность конструкции изделия / Ю.Д. Амиров, Т.К. Алферова, П.Н. Волков и др. – М.: Машиностроение, 1990.– 768 с.
3. Согришин Ю.П. и др. Штамповка на высокоскоростных молотах. М.: Машиностроение, 1978.– 167 с.
4. Шамарин Ю.Е. и др. Высокопроизводительные методы обработки металлов давлением. К. Техника. 1991. – 102 с.
5. Гибкая автоматизация единичного и мелкосерийного производства в машиностроении.— Л.: О-во «Знание» РСФСР, Л О, ЛДНТП, 1990.-32 с.
6. Состояние и развитие гибких производственных систем/Труды международного совещания (г. Магдебург, 1985).—М.: МЦНТИ, 1986.

Анотація

Науковий підхід до проектування енергоємних імпульсних пристроїв для технології машинобудування

У роботі обґрунтована необхідність і показані особливості проектування енергоємних високобезпечних імпульсних пристроїв для технології машинобудування.

Abstract

**The scientific approach to designing power-intensive pulse devices for
technology of mechanical engineering**

*In work necessity is proved and features of designing power-intensive highly
safe pulse devices for technology of mechanical engineering are shown.*