

## ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ВЫСОКОБЕЗОПАСНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ УСТРОЙСТВА И ПОДХОДЫ К ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Савченко Н.Ф., канд. техн. наук, Демченко В.Д.  
(Харьковский национальный экономический университет)

Важнейшими задачами, стоящими перед технологией машиностроения, являются, с одной стороны, повышение эффективности использования ресурсов, а, другой, уменьшение издержек из-за необходимости их возобновлять и усложнения процессов создания все более точных и качественных изделий (или оказания услуг). С этой целью в промышленности широко используют как комплексные подходы к разработке технологических процессов: формообразование (предварительное – окончательное) с последующими дополнительными операциями на других рабочих местах, так и специальные методы совершенствования потребительских свойств изделия (структуры, качества поверхностного слоя), обеспечивающие возможность осуществлять комплекс работ непосредственно на одном рабочем месте и при минимальном расходе ресурсов [1-5]. Во многих случаях с позиций максимизации эффективности использования ресурсов экономически оправданными будут методы с использованием импульсных энергоносителей, а также динамические (ударные) способы механической и электрофизической обработки заготовок и поверхностного слоя изделия или их локальных зон. 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, магнитоимпульсную, с использованием эластичных и газовых сред) и т. п., оказывающие существенное влияние на качество, производительность и состояние поверхностей деталей и изделий.

**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 расхода ресурсов и обеспечения безопасности технологического комплекса.

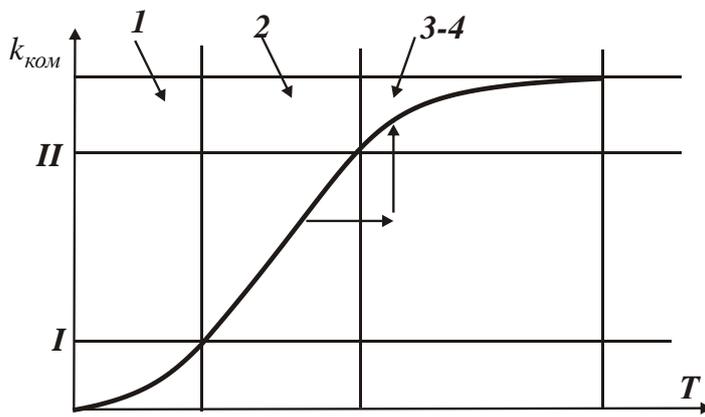


Рис.1. Эволюционное изменение параметров технологической системы (ТС): 1, 2, 3, 4 – этапы изменения в течение периода времени  $T$  эффективности ТС.

**Цель работы.** Эволюционное изменение параметров 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, целью работы является дальнейшее совершенствование прогрессивных импульсных технологий.

**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 с использованием в качестве энергоносителей смесей газов (газообразных и в жидком состоянии) или порошков (горючих и окислителей).

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: общий структурный синтез всей ГТС, если определяется ее компоновка и принцип применения; 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 аккумуляции 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:

$N = Z_{otj} \cdot Z_{6_e} \cdot \dots \cdot Z_{m_w}$ , где  $a, q, \dots, m$  – элемент в соответствующей строке с характерными признаками;  $j, e, w = 1, 2, \dots, k, \dots, n$  – их количество.

Основные положения, на которых базируется создание ГТС: 1) перевооружение производства и пересмотр существующих технологий (их паспортизация) с позиций экологической безопасности, максимального ресурсо- и энергосбережения; 2) создание новых технологий на основе последних научных достижений; 3) экономическая эффективность; 4) пересмотр организационно-экономических принципов; 5) внедрение готовых технологических систем, способных к автономному функционированию; 6) 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; 7) минимальные затраты на технологическое переоснащение производства; 8) возможность взаимодействия с автоматизированными системами управления производством.

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

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.

**Основные результаты.** Разработаны подходы к совершенствованию импульсного типа устройств на основе использования легко адаптируемых к условиям производства энергоносителей. При этом в качестве таких 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 приведен пример модульно-блочного устройства для импульсной обработки материалов (штамповка, очистка каналов, микролегирование, получение сажи и подготовка к газовой цементации).

Преимуществом такого типа устройств можно считать, возможность изменения в широких пределах величины создаваемой нагрузки (в зависимости от объекта обработки, например листовой заготовки). Оригинальной особенностью можно считать и то, что внешняя нагрузка интенсивностью  $p$  (до 100 МПа) создается с использованием специального типа импульсных камер с газогенераторами (патент Украины № 72357).

Область применения таких устройств: мелкосерийное производство

(штамповка крупногабаритных деталей, ремонтные работы, очистка газожидкостными потоками конструктивно сложных поверхностей).

Разработанное импульсное устройство модульного типа включает такие модули как: энергоблок, состоящий из элементов модуля инициирования импульсного воздействия (детонационная трубка и блок поджига смеси); модуль энергоносителей (корпус газогенератора, реагенты, активатор); модуль контроля и управления процессами заполнения и смесеобразования, параметров нагружения.

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

Таким образом, при проектировании ГТС с использованием импульсных камер необходимо исходить из принципов системного подхода, согласно которым процессы, происходящие в любой технологической системе, могут быть описаны как совокупность энергетических потоков различной природы (электрическая, тепловая, механическая и др.). Важнейшие из них [1, 2]:

1. Принцип совмещения высокой производительности и универсальности. Применение ГТС, использующих легкоперестраиваемое 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.

3. Принцип модульности. ГТС строится на базе модулей. Модуль, являясь компонентом ГТС, также может состоять из компонентов. Важнейшие модули 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 нижнем уровне находятся заготовительные операции, на самом высоком – формирование поверхностного слоя или сборка конструкции.

5. Принцип функционирования при ограниченном количестве производст-

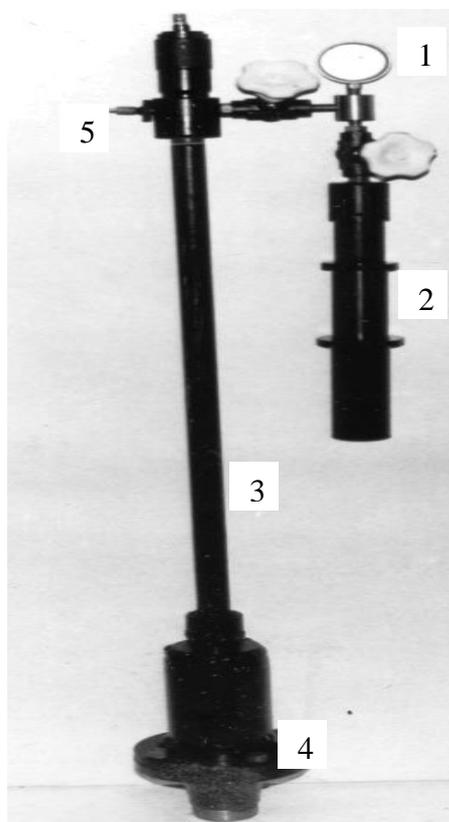


Рис. 2. Опытный образец: 1 – манометр; 2 – газогенератор; 3 – детонационная трубка; 4 –

венного 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.

6. Принцип специализации и интеграции. Этот принцип определяет возможность создания совместимых технологических систем. Может быть одним из эффективных решений при встраивании импульсных устройств в существующий производственный процесс (например, упрочнение, нанесение покрытий и др.).

7. 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.

8. 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.

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.: Техніка, 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.: Техніка. 1991. – 102 с.