

13. Способ обработки поверхности стальных изделий: а.с. 1400089 СССР МКИ С21D1/09 / С.Ф. Кукин, Н.Н. Дорожкин, Е.В. Пасах (СССР). – № 4102337; заяв. 19.05.86 (не публикуется).

14. Способ поверхностного термического упрочнения стальных изделий: а.с. 1587922 СССР МКИ С21D1/09, 1/06 /С.Ф. Кукин, Е.В. Пасах, А.С. Фомченко, В.П. Дубняков (СССР). – № 4491357; заяв. 10.10.88 (не публикуется).

УДК 621:681.5

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ

Л.М. Акулович

Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск;

Е.З. Зевелева, М.Л. Хейфец

УО «Полоцкий государственный университет»

Введение. Современными тенденциями развития производства являются внедрение технологических комплексов (ТК), являющихся сложными электромеханическими системами, реализующими процессы комбинированной обработки, их оснащение инструментами, установками, устройствами автоматизации. Интеграция электромеханики и микроэлектроники при компоновке машин привела к появлению комплексных интегрированных мехатронных модулей движения рабочих органов и узлов машин, а также создаваемого на их основе оборудования. Такая интеграция требует использования систем компьютерного управления движениями, деталями, инструментами, источниками энергии, транспортными и другими механизмами [1]. В результате составляющие части мехатронных комплексов не просто дополняют друг друга, но и объединяются таким образом, чтобы образованная система обладала качественно новыми свойствами [2].

В настоящее время получили развитие мехатронные конструкции, отличающиеся высокой точностью, компактностью и многофункциональностью. Соединение технологических и транспортных составляющих комплекса в пространстве и совмещение их воздействий во времени обеспечивает производству компактность. Соединение узлов точной механики с электротехническими, электронными и компьютерными компонентами для проектирования и производства качественно новых комплексов машин с интеллектуальным управлением их функциями обеспечивают на современ-

ном этапе мехатронные производственные системы [3]. Совместная трансформация потоков вещества, энергии и информационных потоков обеспечивает производству интеллектуальность [4].

Основы рационального проектирования технологических комплексов заложены научными школами И.И. Артоболевского, Л.П. Кошкина, В.С. Корсакова, Б.Е. Патона, В.Н. Подураева и др. При проектировании мехатронных ТК элементы интегрированных мехатронных комплексов выбираются разработчиком на стадии функционального проектирования, а затем обеспечивается необходимая конструкторская и технологическая поддержка при производстве и эксплуатации комплекса в отличие от традиционных методов проектирования, когда пользователь самостоятельно объединяет в систему разнородные механические, электронные и информационно-управляющие устройств. Это позволяет повысить надежность и технико-экономическую эффективность оборудования.

Методологической основой разработки мехатронных систем служат методы проектирования, заключающиеся в одновременном и взаимосвязанном синтезе всех компонентов системы [1]. В мехатронных системах для обеспечения высокой точности реализации сложных движений применяются методы интеллектуального управления. Данная группа методов опирается на новые идеи в теории управления, современные аппаратные и программные средства вычислительной техники и концепцию виртуального производства.

Производственно-технологические комплексы. Функционально простую мехатронную систему ТК (рис. 1) можно подразделить на следующие составные части: исполнительные устройства (объект управления и приводы), информационные устройства (датчики внутреннего состояния системы и датчики состояния внешней среды) и систему управления (компьютер и микропроцессоры) [1, 3, 4].

Гибкость функционирования мехатронной системы в виртуальном производстве обеспечивается применением универсальных рабочих органов (инструментов и источников энергии), способных выполнять различные операции, или изменением модулей сменного инструмента, которые выбираются системой управления в соответствии с выполняемыми операциями, или управлением источниками энергии. В таких системах заранее определить число и вид необходимых исполнительных устройств и датчиков невозможно. Возникает необходимость решить две задачи:

- 1) обработать и систематизировать информацию, поступающую с датчиков;
- 2) обеспечить синхронизацию между этой информацией и движением исполнительных устройств.

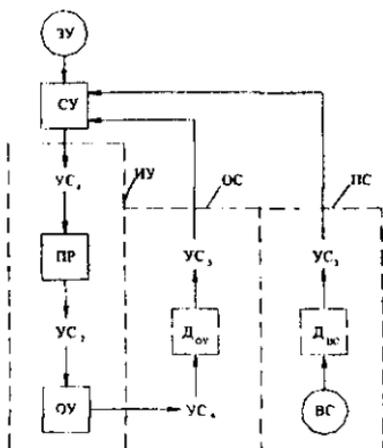


Рис. 1. Составные части мехатронной системы ТК:

ИУ – исполнительные устройства; ОС – обратная связь; ПС – прямая связь; ЗУ – задание на управление; СУ – система управления; УС – устройство сопряжения; ПР – приводы; ОУ – объект управления; Д_{оу} – датчики состояния объекта управления; Д_{вс} – датчики состояния внешней среды; ВС – внешняя среда

Взаимодействие между этими частями, реализующее прямые и обратные связи в системе, осуществляется через устройство сопряжения (интерфейс).

Система управления включает аппаратные средства и программное обеспечение, которое управляет согласованной работой аппаратных средств и обеспечивает синхронизацию процессов сбора и обработки данных, поступающих от информационных устройств, с процессами, управляющими исполнительными устройствами.

Обобщенная схема производственно-технологического комплекса (рис. 2) должна содержать все необходимые составляющие мехатронной системы: объекты управления; приводы; датчики; управляющие устройства, сопряженные между собой; систему программного обеспечения.

Важную роль в обеспечении многофункциональной работы мехатронной системы играют алгоритмические и программные средства. В результате структурная схема любого гибкого производственного комплекса должна иметь рассмотренные элементы, чтобы обеспечить ему длительное время устойчивой работы в автономном режиме, используя минимальное количество управляющих воздействий от пространственно удаленных подразделений виртуального предприятия.

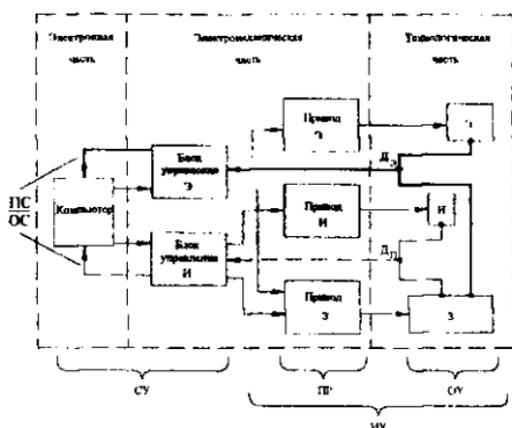


Рис. 2. Структурная схема мехатронного комплекса:

- 3 – заготовка; И – инструмент; Э – концентрированный источник энергии;
 Дп – датчик перемещений; Дн – датчик интенсивности потока энергии;
 СУ – система управления; ИП – приводы; ОУ – объект управления;
 ИУ – исполнительные устройства; ПС – прямая связь; ОС – обратная связь

Анализ организационно-технических мероприятий по обеспечению эффективности гибкого производства позволил определить основные этапы проектирования мехатронных производственно-технологических комплексов комбинированной обработки изделий [14]:

- 1) выбор источников энергии для интенсификации технологических процессов;
- 2) анализ реологии технологической среды, использующей потоки энергии;
- 3) выделение прямых и обратных связей в системе при технологических воздействиях;
- 4) исследование элементов технологической системы комбинированной обработки;
- 5) изучение взаимодействий элементов в рабочей зоне технологической системы;
- 6) структурный анализ открытой производственной системы высокоэффективной обработки;
- 7) структурный синтез технологических комплексов, использующих источники энергии;
- 8) параметрическая оптимизация установок, инструментов и средств оснащения технологического комплекса;
- 9) компоновка гибкого производственно-технологического комплекса комбинированной обработки;
- 10) синтез мехатронной системы комбинированной обработки.

Производственно-технологический комплекс комбинированной обработки в электромагнитном поле. Рассмотрим структуру гибкого производственно-технологического комплекса (ГПТК) комбинированной обработки изделий в электромагнитном поле.

В соответствии с используемыми электромагнитными и термомеханическими потоками [4] ГПТК конструктивно подразделяется на две структурные составляющие: электрическую и механическую части.

Основные узлы гибкого производственно-технологического комплекса комбинированной обработки соответствуют выделенным блокам:

- 1) механизм крепления и движения заготовки;
- 2) механизм крепления и относительного перемещения инструмента;
- 3) механизм подачи ферропорошка и рабочей жидкости;
- 4) механизм крепления и относительного перемещения электромагнитного питателя;
- 5) источник постоянного тока.

Структурная схема содержит все необходимые и сопряженные между собой составляющие мехатронной системы: объекты управления и приводы; датчики; управляющие устройства. Так как, структурная схема ГПТК комбинированной обработки в электромагнитном поле имеет все рассмотренные элементы, то это позволяет комплексу длительное время устойчиво работать в автоматическом режиме [4].

Производственно-технологический комплекс для комбинированной в электромагнитном поле использует термомеханические и электромагнитные потоки вещества и энергии, так как процессы формирования поверхностей деталей носят в основном термомеханический характер, а электромагнитные потоки вследствие простоты их формирования и удобства в управлении наиболее технологичны. Одновременное применение при обработке нескольких потоков энергии, передаваемых в рабочую зону, как технологической средой, так и инструментом, резко повышает производительность технологических операций [4].

Однако совместное использование нескольких потоков создает технологические ограничения по устойчивости комбинированных процессов. Поэтому принципиально новые ГПТК для комбинированной обработки в электромагнитном поле в настоящее время целесообразно создавать на основе использования процессов самоорганизации в технологических системах.

Схема установки комбинированной обработки в электромагнитном поле приведена на рисунке 3.

Процессы комбинированной обработки в электромагнитном поле. Рассмотрим гамму технологических операций: нанесение покрытий, термообработку, деформирование и абразивную обработку поверхностей

слоев, которые должны реализовываться ГПТК при комбинированной обработке в электромагнитном поле [3].

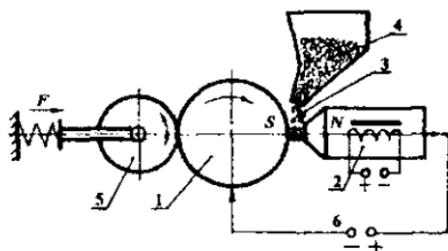


Рис. 3. Принципиальная схема комбинированных способов обработки в электромагнитном поле: 1 – заготовка; 2 – электромагнит; 3 – ферромагнитный порошок; 4 – бункер-дозатор; 5 – абразивный круг или деформирующий ролик; 6 – источник разрядного тока

Для нанесения поверхностного слоя используется метод электромагнитной наплавки. Процессами формирования поверхности при наплавке управляют электромагнитные потоки, которые помимо фиксации частиц ферропорошка обеспечивают интенсивное тепловыделение в местах их контакта с деталью и, изменяя электросопротивление в рабочей зоне, регулируют сплошность покрытия и стабилизируют его толщину.

Для термообработки поверхностного слоя используется энергия электродугового разряда, что позволяет легировать поверхностный слой основы как элементами материала порошка, так и элементами присадок в транспортирующей жидкости. Управлять глубиной и степенью упрочнения поверхностного слоя в процессах термообработки и легирования позволяют главным образом электромагнитные потоки в рабочей зоне.

Для деформационного упрочнения поверхностных слоев используются накатники. При поверхностном пластическом деформировании шариком дополнительные степени свободы позволяют ему в результате взаимодействия с обрабатываемой поверхностью помимо качения совершать вращение.

Нагрев поверхностного слоя тормозит вращение и уменьшает длину траектории шарика, что приводит к снижению интенсивности пластической деформации. Таким образом, управлять процессом деформирования позволяет термическое воздействие и дополнительное вращение шарика.

Обработка вязких и пластичных материалов абразивным кругом приводит к засаливанию, что препятствует его самозатачиванию. Управлять процессом обработки в этом случае позволяют электромагнитные потоки, когда сьем металла осуществляется незакрепленными зернами абразивного по-

рошка с ферромагнитным покрытием, подаваемыми СОЖ в рабочий зазор и подвергаемыми воздействию постоянного магнитного поля.

Результаты исследования процессов нанесения, термообработки, деформирования и полирования поверхностных слоев позволили сделать вывод о том, что между рассматриваемыми процессами термомеханической обработки в электромагнитном поле существует взаимосвязь по общности свойств технологических решений. Это позволяет, используя синергетический подход, совместить технологические процессы комбинированной обработки в электромагнитном поле в едином производственно-технологическом комплексе. Создание условий для использования явлений самоорганизации совмещаемых процессов обеспечивает стабилизацию их параметров, что позволяет технологическому оборудованию длительное время устойчиво работать в автоматическом режиме. Это указывает на целесообразность проектирования гибких производственно-технологических комплексов комбинированной обработки в электромагнитном поле [4].

Выводы. Таким образом, на основании проведенных исследований разработана методология оптимизационного синтеза производственно-технологических комплексов комбинированной обработки изделий, включающая: анализ методов обработки; структурный синтез технологических комплексов; параметрическую оптимизацию производственных комплексов.

Методология использует структурную и параметрическую избыточность в технологической системе; применяет адаптацию обрабатывающих и обслуживающих подсистем; объединяет материальное и информационное обеспечение технологических комплексов.

При проектировании производственно-технологических комплексов комбинированной обработки изделий предложено ограничивать структурную и параметрическую избыточность обрабатывающей системы, обеспечивая самоорганизацию и самонастройку функциональных подсистем комплекса на основе пространственной и временной концентрации технологических операций и транспортных переходов.

Литература

1. Мехатроника / Т. Исии [и др.]; пер. с яп. С.Л. Масленикова; под ред. В.В. Василькова. – М.: Мир, 1988. – 314 с.
2. Сироткин, О. Технологический облик России на рубеже XXI века / О. Сироткин // Экономист. – 1998. – № 4. – С. 3–9.
3. Ящерицын, П.И. Основы проектирования технологических комплексов машиностроения / П.И. Ящерицын, Л.М. Акулович, М.Л. Хейфец. – Минск: Технопринт, 2006. – 248 с.
4. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / Л.М. Акулович [и др.]; под общ. ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. – Новоололоцк ПГУ, 2002. – 268 с.

УДК 621.762:71

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ИОННО-ЛЕГИРОВАННЫХ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ СТАЛЕЙ

А.В. Белый

Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск;

Н.И. Попок, С.В. Дербуш

УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк;

К.Й. Чой

Институт технологии металлов НАН Беларуси, Могилев

Введение. Обработка концентрированными потоками ионов азота металлических материалов является перспективным методом повышения их прочностных свойств, износостойкости и коррозионной стойкости [1]. Поскольку упрочнение штамповой оснастки, изготовленной из высокохромистых сталей, сохраняет высокую актуальность, то в задачу данной работы входило исследование структурных превращений и триботехнических свойств инструментальной стали X12M и опытных образцов штамповой оснастки (WTC), подвергнутых ионно-лучевой обработке концентрированными потоками ионов азота.

Методы исследования. Исследование проводилось на образцах (диаметр 10 мм, высота 6 мм), вырезанных из прокатанных прутков стандартной стали X12MФ, и опытных образцах штамповой оснастки фирмы «Wipac Tech Corporation» (Ю. Корея). Ионно-лучевая обработка осуществлялась с помощью ионного источника с замкнутым дрейфом электронов. Имплантация проводилась при энергии ионов 2 – 3 кэВ и плотности ионного тока 2 мА/см², суммарная доза падающих ионов составляла ~ 3...10¹⁹ см⁻². Температура образцов в процессе ионно-лучевой обработки составляла 720 К. Контроль температуры осуществлялся с помощью ХА термомпары.

Твердость по Виккерсу (HV) определяли при нагрузке на индентор в 300 Н на твердомере ТП. Микротвердость (H_μ) измеряли на приборе ПМТ-3 при нагрузке на индентор 0,2 Н.

Анализ структурно-фазовых превращений в модифицированных азотом слоях был выполнен на дифрактометре ДРОН-2.0. Съемки профилей интенсивности проводили в CoK_α излучении при напряжении 30 кВ и анодном токе 10 мА. Для фазового анализа использовалась картотека PDF.