

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 621.783.223

ЗЕВЕЛЕВА Елена Завельевна

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ
СОВМЕЩЕНИЕМ ПРОЦЕССОВ УПРОЧНЕНИЯ
И ВОССТАНОВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ
С МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.03.01 – Технологии и оборудование механической
и физико-технической обработки

Минск, 2008

Работа выполнена в Учреждении образования «Полоцкий государственный университет» и Унитарном предприятии «Конструкторско-технологический институт средств механизации и автоматизации» (Агрокомплекс «Мачулищи»)

Научные руководители:

Акулович Леонид Михайлович,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Технология металлов»
УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет»;

Хейфец Михаил Львович,
доктор технических наук, профессор,
проректор по научной работе, профессор
кафедры «Технология машиностроения»
УО «Полоцкий государственный университет»

Официальные оппоненты:

Вершина Алексей Константинович,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Материаловедение и
технология металлов» Белорусского государ-
ственного технологического университета;

Лебедев Владимир Яковлевич,
кандидат технических наук,
заведующий лабораторией физики поверх-
ностных явлений ГНУ «Физико-технический
институт НАН Беларуси»

Оппонирующая организация: РУП «Минский автомобильный завод»

Защита состоится «21» ноября 2008 г. в 14⁰⁰ часов на заседании совета Д 02.05.03 по защите диссертаций в Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, проспект Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202. Тел. ученого секретаря 292 24 04.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан «20» 10 2008 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
доктор технических наук, доцент

О.Г. Девойно

© Зевелева Е.З., 2008

© БНТУ, 2008

Одним из основных направлений повышения эффективности производств является создание комплексов технологических, транспортных, энергетических и информационных машин на основе новых технологий и повышения производительности уже используемых. Такая совокупность производящих машин получила название технологических комплексов, а их конструктивно обособленные единицы называют технологическими модулями (ТМ), которые предназначены для обработки поверхностей определенного вида (цилиндрических, плоских) и произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с программным управлением, автономно функционируют и автоматически осуществляют все функции. В настоящее время созданы и используются в производстве ТМ для механической обработки цилиндрических, плоских и корпусных деталей. Использование ТМ в сочетании с новыми и информационными технологиями позволяет значительно повысить производительность обработки и обеспечивает производству конкурентоспособность и интеллектуальность.

Основы рационального проектирования ТМ заложены научными школами И.И. Артоболевского, Л.Н. Кошкина, В.С. Корсакова, Б.Е. Патона, В.Н. Подураева и др. В последние годы под руководством П.И. Ящерицына, Л.М. Кожуро и др. достигнуты определенные успехи в создании ТМ упрочнения и восстановления деталей машин в электромагнитном поле. Однако существующие методы проектирования ТМ не учитывают изменения свойств обрабатываемых материалов, реологию технологической среды при электромагнитных и термомеханических воздействиях, что не позволяет совмещать упрочнение и восстановление в электромагнитном поле с механической обработкой.

Вместе с тем новые технологии основаны, как правило, на использовании концентрированных в пространстве и во времени потоков энергии физических полей, к числу которых относится и электромагнитное поле. Использование источников концентрированной энергии радикально интенсифицирует технологические процессы современного производства. Поэтому научный и практический интерес представляет совмещение в едином ТМ процессов упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин, что значительно повышает эффективность ТМ, под которой понимается их производительность, показатели качества (шероховатость, твердость) обрабатываемых поверхностей при минимальных материальных и трудовых затратах.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами, темами

Исследования в 1998 – 2007 годах проводились по государственным программам фундаментальных исследований: «Исследование динамики и процес-

сов управления в механических, гидравлических и газовых системах» (Механика 33, № ГР 20021740); «Исследование физико-механических и физико-химических явлений на поверхностях твердых тел» (Поверхность 36, № ГР 2001708), координируемым Национальной академией наук Беларуси; по межвузовским программам фундаментальных исследований: «Разработка научных основ создания прогрессивных технологических процессов, оборудования и инструмента для машиностроительного производства Республики Беларусь» (задание 3.4.); «Метрологическое обеспечение качества» (задание 04.02) в рамках проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований «Прямое выращивание изделий послойным синтезом с управляемым формированием свойств материала» (Т98-181, № ГР 19991934) и «Сквозное проектирование ресурсосберегающих технологий и средств оснащения электрофизических и термомеханических процессов упрочнения поверхностей изделий» (Т05К-042).

Цель и задачи исследования

Целью исследования является повышение эффективности технологических модулей обработки изделий совмещением процессов упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин.

В соответствии с целью работы необходимо решить следующие *задачи*:

– разработать классификацию энергетических воздействий на технологическую среду при упрочнении и восстановлении поверхностей и выявить условия эффективного использования энергии электромагнитного поля при изменении состояния технологической среды рабочей зоны в ТМ;

– создать математическую модель, учитывающую электромагнитные и термомеханические технологические факторы, для выбора технологических и конструкторских решений при проектировании ТМ;

– разработать методологию проектирования ТМ, совмещающего процессы упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой поверхностей деталей машин для повышения эффективности технологических модулей;

– определить интервалы технологических режимов и условия самоорганизации процессов, совмещающих упрочнение и восстановление в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин, разработать схему управления ТМ, учитывающую явления самоорганизации процессов;

– разработать и внедрить технологический процесс и ТМ, совмещающие упрочнение и восстановление в электромагнитном поле с механической обработкой поверхностей деталей машин.

Объектом исследования являются процессы и технологические модули, совмещающие упрочнение и восстановление в электромагнитном поле с механической обработкой поверхностей деталей машин.

Предмет исследования – закономерности обеспечения производительности и качества обработки деталей машин в процессах, совмещающих упрочне-

ние и восстановление в электромагнитном поле с механической обработкой поверхностей деталей машин.

Положения, выносимые на защиту

1. Математическая модель, учитывающая взаимодействие электромагнитных и термомеханических явлений, определяющая основные технологические факторы и связывающая параметры качества (R_a , H_ϵ) и производительности обработки (Π).

2. Взаимосвязи в структуре технологического модуля для совмещения процессов упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой поверхностей деталей машин: положительные обратные связи в процессах формирования рельефа поверхности (R_a); отрицательные обратные связи в процессах изменения свойств материала (H_ϵ), определяющие эффективность обработки.

3. Методология проектирования технологических модулей совмещением процессов упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин, основанная на выборе источников для интенсификации процессов, анализе реологии технологической среды, определении диапазонов технологических параметров совмещаемых процессов, выделении связей в технологической системе при интенсивных воздействиях потоками энергии и обеспечении условий самоорганизации процессов, структурном синтезе и параметрической оптимизации технологических модулей.

4. Технологический процесс и технологический модуль обработки поверхностей деталей машин совмещением процессов упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой: электромагнитной наплавки, поверхностного пластического деформирования, абразивной обработки, повышающих эффективность ТМ обработки поверхностей деталей машин.

Личный вклад соискателя

В диссертации представлены результаты работ, выполненных автором самостоятельно и в соавторстве. Автор принимал непосредственное участие в постановке задач, разработке методик, в проведении исследований, анализе полученных результатов и подготовке публикаций и научных сообщений на конференциях. Автором самостоятельно выполнен анализ современных тенденций развития технологического оборудования [1, 3, 4, 15, 18, 20], выделены связи в технологической системе с учетом влияния среды [2, 12], предложена структурная схема технологического модуля для комбинированной электромагнитной и термомеханической обработки изделий [8, 14], проведены структурный синтез и параметрическая оптимизация технологического модуля [5, 6, 10, 11, 13, 14, 17, 19, 23, 24]. В коллективных исследованиях автором лично сформирована методология проектирования технологических модулей, в соавторстве выполнена постановка экспериментов, на основе обсуждения результатов сформулированы выводы.

Апробация результатов диссертации

Основные положения и результаты работы доложены более чем на 20 международных и республиканских научно-технических конференциях: «Композиционные материалы в промышленности» (п. Славское, 1998, 1999 г.); «Новые технологии в машиностроении и вычислительной технике», (г. Брест, 1998 г.); «Новые материалы и технологии» (г. Минск, 1998 г.); «Проблемы экономико-социальных преобразований в условиях перехода к рыночным отношениям» (г. Брест, 1998 г.); «Современные проблемы машиноведения» (научные чтения, посвященные П.О. Сухому) (г. Гомель, 1998 г.); «Высокоэффективные технологии в машиностроении» (г. Харьков, 1998 г.); «Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении» (г. Витебск, 1998 г.); «Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин» (г. Новополоцк, 1999 г.); «Технологии ремонта машин, механизмов и оборудования» (г. Киев, 1999, 2000 г.); «Инженерия поверхности и реновация изделий» (г. Ялта, 2002 г.); «Научно-технические проблемы станкостроения, производства технологической оснастки и инструмента» (г. Киев, 2002 г.); «Прогрессивные технологии и системы машиностроения» (г. Донецк, 2002 г.), «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии в машиностроении» (г. Минск, 2002, 2003 гг.); «Качество поверхностного слоя деталей машин» (г. Санкт-Петербург, 2003 г.); «Машиностроение и техносфера XXI века» (г. Севастополь, 2002, 2003 гг.); «Технологическое управление качеством поверхности деталей машин» (г. Киев, 2003 г.); «Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения» (г. Орел, 2004 г.); «Современные технологии металлообработки» (г. Минск, 2005 г.), «Анализ взаимодействия технологических факторов электрофизической обработки с информационными потоками компьютерно-управляемого производства» (г. Новополоцк, 2007 г.).

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 30 научных работ, из которых: глава в коллективной монографии; 8 статей в научных журналах и 1 статья в научных сборниках, входящих в перечень изданий для опубликования результатов диссертационных исследований (общий объем 3,77 авторских листа); 1 статья в журнале, 4 статьи в сборниках, 9 статей в материалах конференций; 3 тезиса докладов на конференциях; 3 патента на изобретение Республики Беларусь.

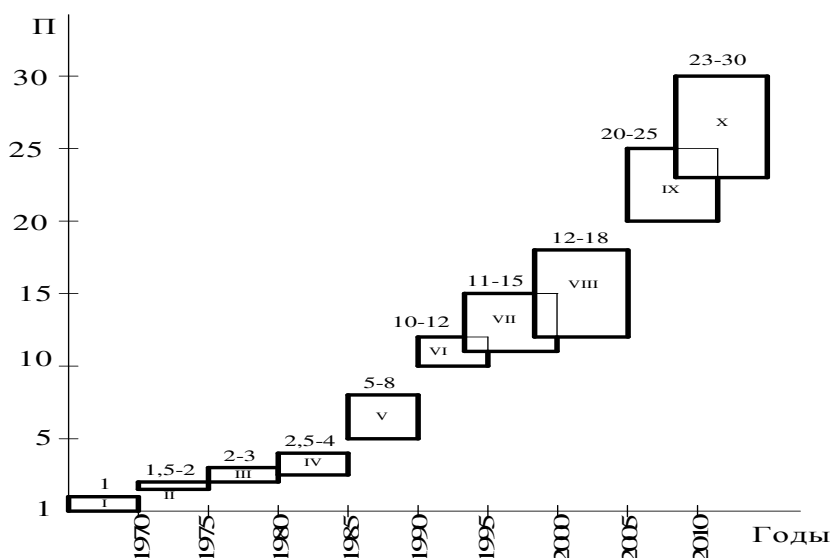
Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 4 глав, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 139 страниц, включает 25 иллюстраций, 15 таблиц, библиографический список занимает 9 страниц (количество использованных библиографических источников – 122), приложение – 24 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении и общей характеристике работы обоснована актуальность и новизна диссертации, перспективность поставленных в работе научно-исследовательских задач. Сформулированы основные положения диссертации, выносимые на защиту.

В первой главе изучено взаимодействие технологических факторов при совмещении процессов упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин. Анализ использования прогрессивного оборудования показал, что технологические модули в своем развитии за последние 30 лет прошли ряд этапов (рисунок 1). По сравнению с универсальным станочным оборудованием 70-х годов компьютерно-управляемое производство начала XXI века, использующее благодаря внедрению персональных компьютеров компоненты искусственного интеллекта, позволяет повысить эффективность оборудования и при обеспечении все более возрастающих требований к качеству продукции увеличить производительность в десятки раз.



- П – производительность оборудования, возрастающая со временем;
I – универсальное оборудование с производительностью, принятой за 1;
II – оборудование с числовым программным управлением; III – робототехнические комплексы;
IV – технологические модули; V – гибкие производственные системы;
VI – компьютерно-управляемое производство; VII – мехатронные технологические комплексы;
VIII – компактное интеллектуальное производство;
IX – компьютерное сопровождение жизненного цикла изделий; X – виртуальные предприятия
- Рисунок 1 – Этапы развития технологических модулей и комплексов**

С середины 80-х годов подъем промышленного производства нашей страны, особенно в наукоемких сферах, прервался и остановился на рубеже пе-

рехода от обрабатывающих центров к гибким производственным системам, в то время как промышленно развитые страны начали овладевать элементами интеллектуального производства. Развитие средств микроэлектроники в последнее десятилетие явилось базой для создания мехатронных систем, которые включают как электромеханическую часть, так и электронно-управляющую (построенную на основе использования компьютеров или микропроцессоров).

Основой разработки мехатронных систем служат методы проектирования, заключающиеся в одновременном и взаимосвязанном синтезе всех компонентов системы. Однако существующие методы проектирования ТМ при синтезе компонентов не учитывают совмещение электромагнитных и термомеханических воздействий при упрочнении поверхностей в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин. Поэтому ключевой задачей проектирования ТМ является разработка универсальной структуры, обеспечивающей бесперебойную работу и гибкую переналадку оборудования. Рациональные надежность и адаптивность обеспечиваются при синтезе структуры, основанном на анализе элементов и исследовании кортежей ТМ.

Проведенный анализ показал необходимость формирования единой методологии проектирования ТМ, учитывающей совместное использование инструментов и энергии, программных и аппаратных средств управления уже на начальных стадиях разработки оборудования.

Во второй главе сформулированы методология проектирования ТМ при совмещении процессов упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой поверхностей деталей машин.

Показано, что взаимодействие элементов технологической системы происходит как при непосредственном контакте, так и посредством распределенной (поле), концентрированной (поток) или сфокусированной (пучок) энергии. Выбор источников энергии, обладающих рациональными резервами для выполнения заданного множества функций и требующих определенных условий для проведения технологических воздействий, целесообразно проводить на основе предложенной классификации (таблица 1).

При проектировании процессов высокоэффективной обработки, помимо взаимодействия элементов технологической системы (оборудования, приспособления, инструмента и заготовки), необходимо рассматривать реологию распределенной технологической среды с учетом выбранного источника и влияния потоков энергии. Процессы формирования поверхностного слоя изделия в технологической среде принято описывать модифицированными критериями Рейнольдса (Re^*), Прандтля (Pr^*) и критерием Пекле (Pe). Для управления источниками энергии при интенсивной обработке используются критерии, характеризующие электромагнитные потоки: энергетический (Si), магнитного взаимодействия (Sm), напряженности электрического поля (Se). На основе указанных кри-

териев подобия установлено, что вязкость рабочей среды (ν^*) будет зависеть от соотношений: (B/I) – магнитной индукции (B) и силы разрядного тока (I), а также (ν/S) – скоростей главного движения (ν) и подачи (S).

Таблица 1 – Классификация технологических источников энергии

Технологические источники	Характеристика технологической среды	Вид источника энергии	Плотность мощности источников энергии q , Вт/см ²
1. Поле (распределенный)	Нет изменений рабочей зоны	Термодеформационный	$10^2 \dots 10^3$
		Электрохимический	$10 \dots 10^2 \dots 10^3$
		Индукционный нагрев	$10^2 \dots 10^3 \dots 10^4$
		Электромагнитный	$10^3 \dots 10^5 \dots 10^6$
2. Поток (концентрированный)	Изменения участков рабочей зоны	Газопламенный	$10^2 \dots 10^3 \dots (3 \cdot 10^3)$
		Плазменный	$5 \cdot 10^2 \dots 3 \cdot 10^3$
		Электродуговой	$10^3 \dots 10^5 \dots 10^7$
3. Пучок (сфокусированный)	Выделение рабочей зоны	Ионный	$10^2 \dots 10^3 \dots 10^5$
		Электронный	$10^3 \dots 10^5 \dots 8 \cdot 10^8$
		Лазерный	$(5 \cdot 10^3) \dots 10^6 \dots 10^9$

Примечание. Величина в скобках возможна, но практически не используется.

Толщина t формируемого поверхностного слоя с шероховатостью R_a и относительной твердостью $H_\epsilon = \Delta H / H$ при увеличении или снижении его массы будет пропорциональна выражению: $Q / (1 - H_\epsilon)$. В результате при управлении источниками энергии предлагается использовать соотношения, пропорциональные критериям тепломассопереноса:

– для оптимизации геометрических характеристик рельефа поверхности:

$$R_a \sim \frac{\nu_s [Q / (1 - H_\epsilon)]}{(B/I)(\nu/S)} = \frac{\nu_s QSI}{\nu B(1 - H_\epsilon)} = \frac{\Pi}{(1 - H_\epsilon)}; \quad (1)$$

– для оптимизации физико-механических параметров упрочнения материала поверхностного слоя:

$$H_\epsilon \sim 1 - \frac{\nu_s QSI}{\nu B R_a} = 1 - \frac{\Pi}{R_a}, \quad (2)$$

где $\vec{\nu}_s = \vec{\nu} + \vec{S}$ – результирующая скорость движений формирования поверхности, главного $\vec{\nu}$ и подачи \vec{S} .

Соотношения (1) и (2) показывают положительную обратную связь рельефа R_a и отрицательную обратную связь упрочнения H_ϵ с производительностью обработки $\Pi = \nu_s QSI / \nu B$, а также характеризуют кинематику оборудования

(S/v) и мощность источника энергии (I/B) или (U/B) , если учитывается напряжение.

Установлены связи в структуре технологического модуля для управления электромагнитными и термомеханическими воздействиями, определяющие:

– производительность обработки: $\Pi = v_s(S/v)(I/B)Q$;

– положительные обратные связи при формировании рельефа поверхности: $R_a \sim v_s(S/v)(I/B)Q/(1 - H_\varepsilon)$;

– отрицательные обратные связи при изменении свойств материала: $H_\varepsilon \sim 1 - v_s(S/v)(I/B)Q/R_a$.

Для повышения эффективности ТМ обратные связи (1) и (2) технологической системы следует использовать при управлении процессами упрочнения и восстановления поверхностей деталей машин в электромагнитном поле.

Структурный синтез и параметрическая оптимизация технологического модуля завершаются пространственно-временным совмещением требуемого сочетания функциональных элементов на множестве компонок. Поскольку формообразование выполняется путем относительных перемещений детали, инструмента и источника энергии, то рабочее поле компоновки ($РП$), т.е. область пространства, в пределах которой происходит нагружение конструкции, образуется в результате взаимодействия поля детали ($ПД$), поля инструмента ($ПИ$) и поля распределения энергии ($ПЭ$), из чего следует способ определения пространственных границ $РП$ как области пересечения $ПД$, $ПИ$ и $ПЭ$:

$$РП = ПД \cap ПИ \cap ПЭ. \quad (3)$$

Система управления технологическим модулем должна включать как аппаратные средства, так и программное обеспечение, которое управляет работой аппаратных средств и обеспечивает согласование процессов сбора данных, поступающих от информационных устройств, с процессами управления исполнительными устройствами, используя прямые связи с внешней средой открытой производственной системы и обратные связи технологической системы по предложенным критериальным зависимостям (1) и (2).

Технологические модули обработки деталей машин совмещением процессов упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин представляют собой функциональные системы с набором различных подсистем. Поэтому графы кортежей строятся для каждого технологического модуля индивидуально. Анализ графов кортежей позволяет установить количество взаимосвязей между различными уровнями составляющих. Для выяснения целесообразности создания универсального ТМ совмещенной обработки кортежи объединяются и определяются совпадающие связи и функциональные элементы системы.

В результате технологический модуль, совмещающий процессы упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин, конструктивно можно подразделить на электрическую и механическую составляющие, а также систему управления.

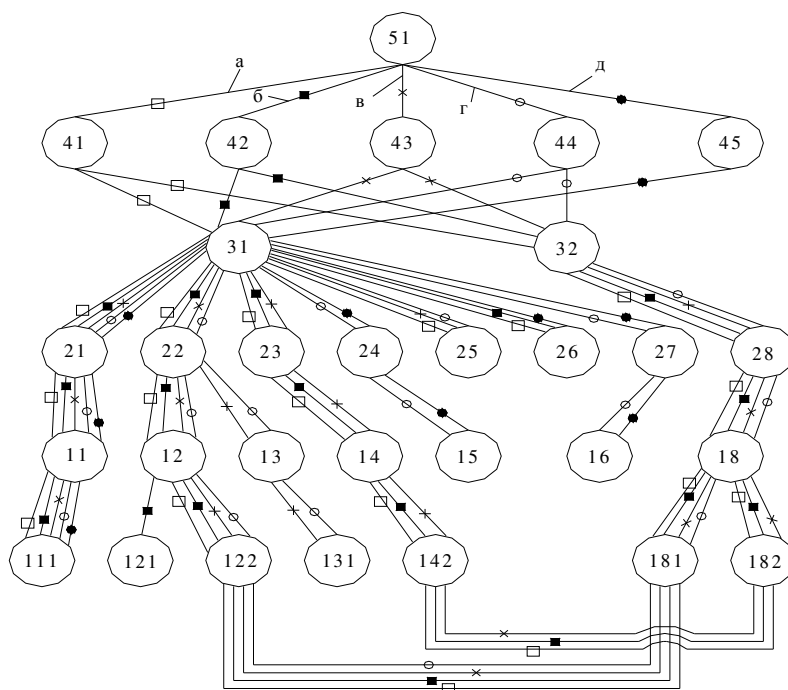
Методология проектирования ТМ заключается: в выборе источников для интенсификации процессов; анализе реологии технологической среды и взаимодействия технологических факторов; в выделении интервалов технологических режимов на совмещаемых переходах; определении совместимости процессов; в выявлении в технологической системе условий и параметров, обеспечивающих самоорганизацию процессов, использующих потоки энергии; структурном синтезе и параметрической оптимизации технологических модулей.

В третьей главе показаны структурный синтез и параметрическая оптимизация при проектировании технологического модуля, совмещающего упрочнение и восстановление деталей машин в электромагнитном поле, и механическую обработку поверхностей. При проектировании технологического модуля совмещенной обработки объединялись кортежи и определялись совпадающие связи и функциональные элементы (рисунок 2).

Структурный синтез элементов на основании изучения связей позволил определить в составе ТМ, совмещающего процессы упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин, унифицированные блоки:

- 1) блок главного движения, обеспечивающий вращение заготовки относительно горизонтальной оси;
- 2) привода инструмента (поступательного движения вдоль оси вращения заготовки и движения врезания; вращательного движения, скорость которого определяется по усилиям в процессе обработки);
- 3) подачи (порошка для наплавки или полирования; рабочей смазочно-охлаждающей технологической среды);
- 4) привода электромагнитной системы (управление технологическим процессом, контроль и регулирование качеством обработки);
- 5) прочие блоки (для подачи энергии; управления энергетическими воздействиями на поверхностный слой обрабатываемой заготовки).

Основные узлы ТМ 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. Предложенная структурная схема содержит все необходимые составляющие мехатронной системы, что является основой устойчивой работы технологического модуля в автоматическом режиме.



а – токарная обработка; б – абразивная обработка; в – ротационное упрочняющее резание;
 г – электромагнитная наплавка с поверхностным пластическим деформированием;
 д – магнитно-абразивная обработка; первая цифра обозначает уровень составляющих:
 1 – функциональные элементы и их координатные перемещения; 2 – функциональные подсистемы; 3 – функциональные системы; 4 – технологические модули;
 5 – технологический комплекс; вторая и последующие цифры обозначают порядковый номер каждой составляющей данного уровня

Рисунок 2 – Графы кортежей технологического модуля для обработки поверхностей вращения

Основой параметрической оптимизации конструктивных элементов и технологических режимов ТМ является разработка и анализ статистических моделей, описывающих экспериментальные данные. В результате реализации опытов и обработки экспериментальных данных получена зависимость производительности наплавки от геометрических параметров полюсных наконечников

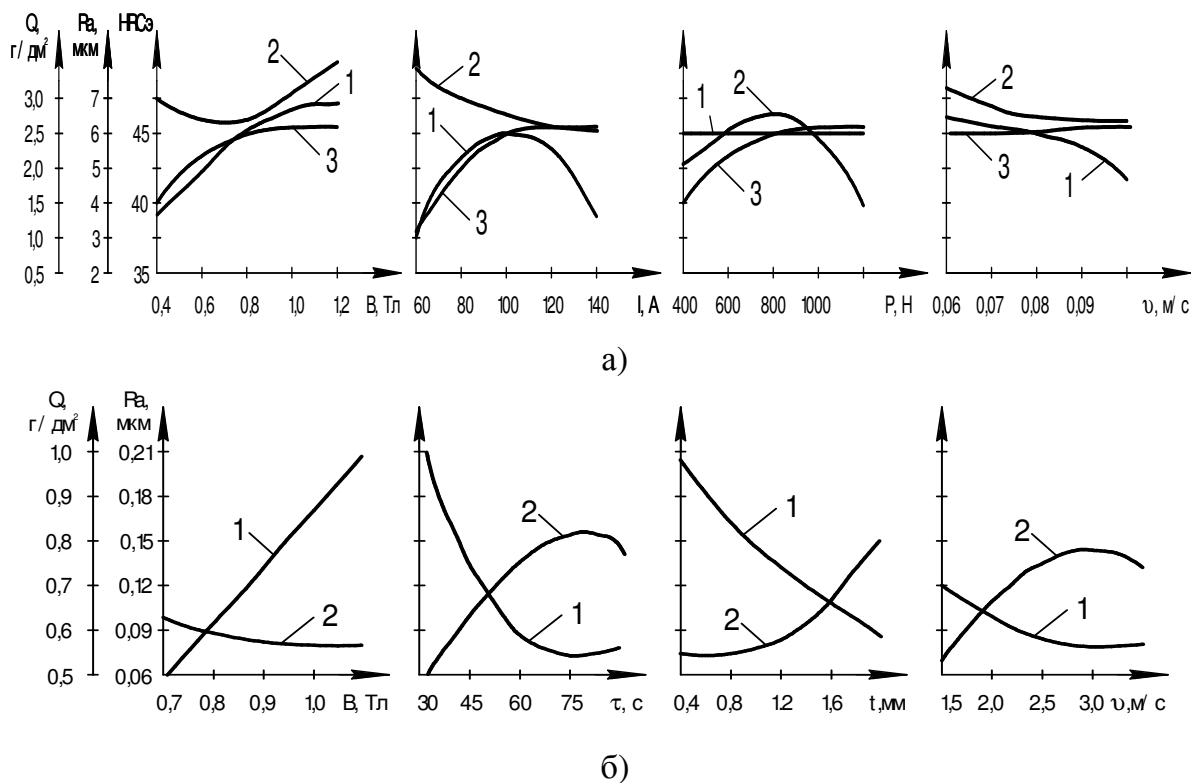
$$Q = Y = 2,84 - 0,51X_1 + 0,07X_2 - 0,19X_1X_2 - 0,07X_1^2 - 0,43X_2^2 \quad (4)$$

Коэффициенты уравнения регрессии (4) значимы с 90% доверительной вероятностью, а модель адекватна при 5% уровне значимости.

Учитывая ограничения, накладываемые технологичностью конструкций, в качестве оптимальных значений приняты следующие параметры: угол заострения $X_1 = \alpha_n = 12^\circ$ и высота рабочего торца $X_2 = C = 5,7$ мм.

Анализ полученных зависимостей для режимов обработки (рисунок 3) показывает, что рациональными диапазонами технологических параметров для

ТМ при электромагнитной наплавке с поверхностным пластическим деформированием являются: $B \sim 0,8...1,0$ Тл; $I \sim 100...120$ А; $P \sim 800...1000$ Н; $v \sim 0,07...0,9$ м/с, величина рабочего зазора $t \sim 1,0...1,2$ мм; а при магнитно-абразивной обработке – $B \sim 0,9...1,2$ Тл; время обработки $\tau \sim 30...50$ с; величина рабочего зазора $t \sim 0,5...0,8$ мм; $v \sim 1,5...2,0$ м/с.



а – электромагнитная наплавка с поверхностным пластическим деформированием;

б – магнитно-абразивная обработка

Рисунок 3 – Зависимости показателей производительности Q (1), шероховатости R_a (2) и твердости HRC₃ (3) от магнитной индукции B, силы тока I, усилия деформирования P, скорости v, длительности полирования τ , величины рабочего зазора t

Параметрическая оптимизация конструктивных элементов рабочей зоны и технологических воздействий, реализуемых ТМ операций, с учетом предложенных критериев: для электромагнитной наплавки $Re^* = v_s t / (B/U)(v/S)$; термомеханической обработки $Re^* = v_s t / (P/I)(v/S)$; магнитно-абразивной обработки $Re^* = v_s t / (B/\tau)(v/S)$, и явлений технологического наследования позволила предложить для технологического модуля рациональный маршрут упрочнения и обработки изношенных поверхностей деталей.

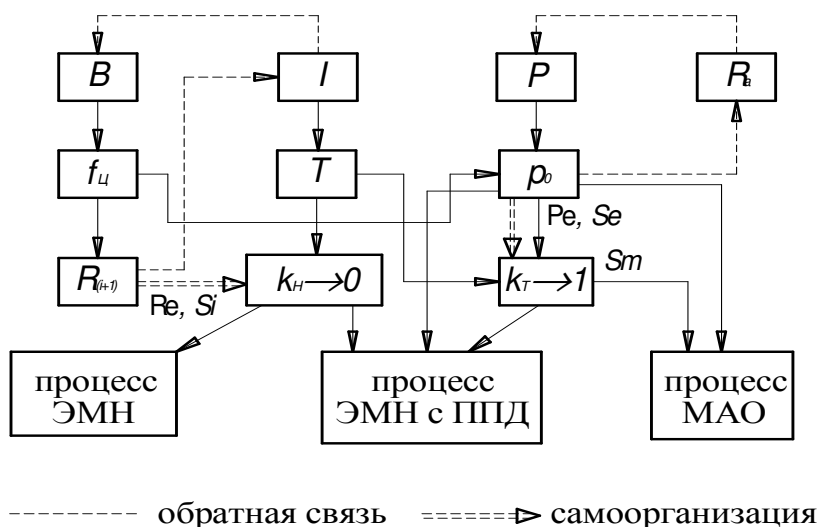
Согласно полученным экспериментальным данным для цилиндрических поверхностей деталей твердостью до 50 HRC рационально совмещение следующих процессов: электромагнитной наплавки с поверхностным пластиче-

ским деформированием, обеспечивающим шероховатость микрорельефа поверхности R_a 6,3...8,0 мкм, шлифования до шероховатости R_a 1,0...1,25 мкм и магнитно-абразивной обработки до R_a 0,08...0,10 мкм.

Четвертая глава описывает особенности использования технологических модулей совмещенной обработки на предприятиях машиностроительного и строительного производств.

Показано, что для технологического модуля, совмещающего процессы упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин обратные связи в технологической системе содействуют самоорганизации процессов формирования поверхности и позволяют посредством воздействий потоками энергии управлять устойчивостью процессов упрочнения и обработки в электромагнитном поле через дополнительные перемещения частиц порошка и формообразующих инструментов.

Устойчивость нестационарных технологических процессов электромагнитной наплавки и магнитно-абразивной обработки (см. рисунок 3) обеспечивает разработанная схема управления (рисунок 4), которая основана на поддержании заданного диапазона устойчиво протекающих диссипативных процессов и использует явления их самоорганизации.



- ЭМН – электромагнитная наплавка; ППД – поверхностное пластическое деформирование;
- MAO – магнитно-абразивная обработка; $f_{ц}$ – усилие прижима порошка к поверхности детали;
- $R_{i(i+1)}$ – контактное сопротивление частиц порошка в электроде-цепочке;
- T – температура; p_0 – давление; k_H – коэффициент распределения энергии;
- k_T – коэффициент трения скольжения; R_a – высота неровности; B – магнитная индукция;
- I – разрядный ток; P – усилие деформирования; Pe – критерий Пекле;
- Re – критерий Рейнольдса; Sm – критерий магнитного воздействия;
- Se – критерий напряженности электрического поля; Si – энергетический критерий

Рисунок 4 – Функциональная схема управления устойчивостью процессами упрочнения и обработки в электромагнитном поле

Управлять процессами термодиформационного упрочнения поверхности, согласно предложенным критериям, позволяют тепловые потоки от действия электрического тока и магнитной индукции и дополнительные степени свободы деформирующего инструмента, а при магнитно-абразивной обработке – незакрепленные частицы абразивного порошка и потоки магнитной энергии. В соответствии с протекающими в рабочей зоне процессами движения и обмена материальными потоками неустойчивость наплавки и деформирования поверхности снижается посредством управления величиной магнитной индукции (B) и стабилизацией силы тока (I) электрических разрядов, определяющего температуру в зоне упрочнения, а также регулированием усилия деформирования (P).

Технологический модуль, совмещающий упрочнение и восстановление в электромагнитном поле и абразивную обработку поверхностей деталей, внедрен при ремонте двигателей ГАЗ-51, ГАЗ-52, ЗМЗ-53, ЗМЗ-24, УМЗ-451 в ОАО «Полоцкий завод «Проммашремонт».

Разработанная методология проектирования ТМ использована при создании оборудования для производства арматурных изделий при управлении термодиформационными процессами контактной сварки путем реализации обратной связи усилия сжатия электродов и силы сварочного тока, а также при обеспечении условий самоорганизации термодиформационного воздействия за счет придания плавающим электродам дополнительной степени свободы. На основе структурного синтеза и параметрической оптимизации разработаны унифицированные механизмы, агрегаты и системы, интегрированные в блоки и модули, включающие механическое и сварочное оборудование, системы электрооборудования и программное управление. Разработаны и внедрены ТМ для изготовления пространственных каркасов П11.019 (КПД, г. Новополоцк) и для изготовления плоских каркасов П11.029 (СЖБ № 10, г. Гродно). Технологические модули позволили повысить производительность изготовления изделий в 2 раза за счет совмещения операций правки, сварки, вырубки проволоки, укладки сеток в пакет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили сформулировать методические основы проектирования технологических модулей совмещением процессов упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин, разработать такой технологический модуль, а также технологические модули, совмещающие операции правки, сборки, сварки и рубки.

Основные научные результаты диссертации

1. На основе анализа явлений, происходящих в рабочей зоне при упрочнении и восстановлении поверхностей в электромагнитном поле, разработана классификация источников энергии по интенсивности воздействия на технологическую среду рабочей зоны концентрированными потоками с плотностью мощности до 10^8 Вт/см² (распределенный, концентрированный, сфокусированный), определены условия и разработана методика совмещения процессов упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин, включающая анализ реологии технологической среды рабочей зоны с использованием критериев теплопереноса: Рейнольдса (Re^*), Прандтля (Pr^*), Пекле (Pe), и обратных связей в технологической системе между производительностью обработки, шероховатостью и твердостью обрабатываемых поверхностей, что повышает эффективность электромагнитных воздействий [1, 3, 4, 12, 15, 18, 20, 21, 27].

2. Получены математические модели процессов электромагнитной наплавки, поверхностного пластического деформирования и магнитно-абразивного полирования, отражающие закономерную связь между технологическими факторами и производительностью (Π) обработки, твердостью (H_ϵ) и шероховатостью (R_a) обрабатываемых поверхностей. Определены рациональные диапазоны значений технологических факторов, характеризующих электромагнитное и термомеханическое воздействия на обрабатываемую поверхность. Показано, что действие электромагнитных технологических факторов в процессах электромагнитной наплавки и магнитно-абразивной обработки определяется коэффициентом распределения энергии k_H в цепочках из частиц ферропорошковой среды, а термомеханических факторов в процессе поверхностного пластического деформирования определяется коэффициентом трения скольжения k_T между деформирующим инструментом и обрабатываемым материалом и управляется величинами разрядного тока 100...120 А и усилия деформирования 0,7...1,0 кН [1, 2, 6 – 9, 13, 16, 26].

3. Разработана методология проектирования технологических модулей, совмещающих процессы упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин, включающая:

- выбор источника разрядного тока по параметрам плотности мощности подводимой энергии $10^5 \dots 10^8$ Вт/см² согласно разработанной классификации;
- анализ реологии технологической среды и взаимодействия технологических факторов при реализации каждого из совмещаемых процессов;
- определение совместимости процессов и выделение интервалов технологических режимов на совмещаемых переходах;
- выявление в технологических процессах условий и параметров, обеспечивающих их самоорганизацию и использование обратных связей производительности и качества обработки;
- структурный синтез и параметрическую оптимизацию технологических модулей [5, 9 – 12, 14, 15, 17, 19, 23 – 25].

4. Определены рациональные интервалы технологических режимов совмещаемых процессов электромагнитной наплавки, поверхностного пластического деформирования и магнитно-абразивной обработки: величина магнитной индукции 0,8...1,2 Тл, скорость главного движения 0,1...2,0 м/с, усилие деформирования 0,7...1,0 кН, величина рабочего зазора 0,8...1,2 мм, размеры частиц ферропорошка 0,25...0,32 мм, величина разрядного тока 100...120 А, амплитуда осцилляции 1...2 мм, которые обеспечивают производительность упрочнения и восстановления поверхности 15 мг/с·см² и ее абразивной обработки 12 мг/с·дм². Показано, что повышению устойчивости совмещаемых процессов способствует их самоорганизация за счет стабилизации протекающих диссипативных процессов. Установлены условия проявления самоорганизации: поддержание режимов обработки в пределах указанных интервалов и предоставление дополнительных степеней свободы деформирующему инструменту и частицам ферромагнитных порошков. Разработана схема управления технологическим модулем, учитывающая явления самоорганизации процессов и осуществляющая адаптивное управление величинами разрядного тока I и усилия деформирования P [1, 2, 5, 12, 13, 22, 28 – 30].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Предложено структурный синтез технологических модулей проводить по топологической модели, сформированной совмещением трех нижних уровней графов кортежей для каждого из совмещаемых процессов, а параметрическую оптимизацию обеспечивать, используя ортогональное планирование экспериментов. Показано, что рабочее поле $РП$ технологического модуля формируется при пересечении полей деталей $ПД$, инструмента $ПИ$ и потока энергии $ПЭ$ в рабочей зоне технологической системы $РП = ПД \cap ПИ \cap ПЭ$, а технологический модуль включает электрическую, механическую составляющие и систему компьютерного управления. Разработаны унифицированные блоки держателей с инструментами, дозирующих и транспортирующих устройств, электромагнит-

ных питателей, схема управления модулем, содержащая объекты управления, приводы, датчики и сопряженные между собой устройства управления.

2. Разработаны технологический процесс (ТП № 0915516.01102.00722) и технологический модуль (ПСВ 99), совмещающий операции электромагнитной наплавки, поверхностного пластического деформирования и шлифования при упрочнении и восстановлении наружных цилиндрических поверхностей деталей двигателей ГАЗ-51 и 52, ЗМЗ-53 и 24, УМЗ-451. Технологический модуль внедрен на ОАО «Полоцкий завод «Проммашремонт», в результате чего за счет совмещения процессов достигнуто повышение производительности обработки в 1,3 раза с обеспечением твердости поверхностей до 50 HRC₃ и их шероховатости R_a 1,0...1,25 мкм. Годовой экономический эффект для одного рабочего места составил 21,7 млн. руб.

3. Рекомендован для реализации на технологическом модуле маршрут совмещенной обработки и упрочнения изнашивающихся поверхностей деталей твердостью до 50 HRC₃; электромагнитная наплавка, поверхностное пластическое деформирование, обеспечивающие шероховатость микрорельефа поверхности R_a 6,3...8,0 мкм, шлифование до шероховатости R_a 1,0...1,25 мкм и магнитно-абразивная обработка до R_a 0,08...0,10 мкм. Предложены рациональные диапазоны технологических воздействий при электромагнитной наплавке ферропорошка, поверхностном пластическом деформировании, шлифовании и магнитно-абразивной обработке, а также оптимальные конструктивные параметры электромагнитной системы.

4. Разработанная методология проектирования технологических модулей совмещенной обработки использована УП «Конструкторско-технологический институт средств механизации и автоматизации» при проектировании технологических комплексов П11.019 и П11.029 изготовления арматурных изделий, совмещающих операции правки, сборки, сварки и рубки. Внедрение технологических комплексов для изготовления пространственных каркасов П11.019 (КПД, г. Новополоцк) и для изготовления плоских каркасов П11.029 (СЖБ № 10, г. Гродно) показало их высокую эффективность. Технологические модули позволили повысить производительность изготовления изделий до 2-х раз. Годовой экономический эффект составил 516 тыс. руб. (в ценах 1991 года).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Монография

1. Акулович, Л.М. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / Л.М. Акулович, А.П. Аношко, Е.З. Зевелева [и др.]; под общ. ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с.

Статьи в научных журналах

2. Кожуро, Л.М. Проектирование технологических комплексов для упрочнения и восстановления деталей машин с износостойкими покрытиями / Л.М. Кожуро, М.Л. Хейфец, Б.П. Чемисов, Е.З. Зевелева // *Материалы, технологии, инструменты.* – 1998. – № 2. – С. 72.
3. Ящерицын, П.И. Применение электромагнитных и термомеханических процессов в технологических комплексах высокоэффективной обработки / П.И. Ящерицын, Л.М. Акулович, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева // *Современное машиностроение.* – 1999. – № 2. – С. 37 – 42.
4. Акулович, Л.М. Анализ высокоэффективных методов обработки при проектировании технологических комплексов / Л.М. Акулович, Л.М. Кожуро, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева // *Инженерно-физический журнал.* – 1999. – Т. 72, № 5. – С. 971 – 979.
5. Акулович, Л.М. Структурный синтез технологических комплексов высокоэффективной обработки / Л.М. Акулович, Л.М. Кожуро, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева // *Инженерно-физический журнал.* – 2000. – Т. 73, № 4. – С. 813 – 818.
6. Акулович, Л.М. Проектирование технологических комплексов высокоэффективной электромагнитной и термомеханической обработки / Л.М. Акулович, Л.М. Кожуро, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева // *Инженерно-физический журнал.* – 2000. – Т. 73, № 5. – С. 1080 – 1087.
7. Хейфец, М.Л. Исследование температурных полей при наплавке цилиндрических деталей / М.Л. Хейфец, Л.М. Акулович, Е.З. Зевелева // *Вести Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки.* – 2000. – Т. 2. – С. 127 – 132.
8. Ящерицын, П.И. Проектирование мехатронных технологических комплексов высокоэффективной обработки изделий / П.И. Ящерицын, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева, Л.М. Акулович // *Доклады НАН Беларуси.* – 2003. – Т. 47, № 6. – С. 120 – 124.
9. Хейфец, М.Л. Проектирование мехатронных технологических комплексов высокоэффективной обработки деталей машин / М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева, Л.М. Акулович // *Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки.* – 2004. – № 1. – С. 59 – 65.

Статьи в журналах

10. Ящерицын, П.И. Проектирование мехатронных технологических комплексов физико-химической обработки / П.И. Ящерицын, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева, Л.М. Акулович // Изв. ОрелГТУ. Машиностроение и приборостроение. – 2004. – № 4. – С. 39 – 41.

Статьи в научных сборниках

11. Хейфец, М.Л. Структурный синтез технологических комплексов высокоэффективной обработки / М.Л. Хейфец, Б.П. Чемисов, Е.З. Зевелева, С.В. Пальвинский // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: междунар. сб. науч. тр. – Донецк, 2002. – Вып. 22. – С. 132 – 137.

Статьи в сборниках

12. Акулович, Л.М. Основы проектирования технологического комплекса термомеханической обработки в электромагнитном поле / Л.М. Акулович, Е.З. Зевелева, В.В. Яскевич // Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин: темат. сб. – Новополюцк: ПГУ, 1999. – С. 149 – 151.
13. Акулович, Л.М. Проектирование технологических комплексов на базе высокоэффективных технологий / Л.М. Акулович, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева, А.А. Садюкович // Машиностроение: сб. науч. тр.; под ред. И.П. Филонова. – Минск: УП «Технопринт», 2002. – Вып. 18. – С. 84 – 89.
14. Акулович, Л.М. Мехатронный технологический комплекс высокоэффективной комбинированной обработки / Л.М. Акулович, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева, А.А. Садюкович // Машиностроение: сб. науч. тр.; под ред. И.П. Филонова. – Минск: УП «Технопринт», 2003. – Вып. 18. – С. 293 – 298.
15. Зевелева, Е.З. Анализ взаимодействия технологических факторов электрофизической обработки с информационными потоками компьютерно-управляемого производства / Е.З. Зевелева // Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин: сб. науч. тр. – Новополюцк, 2007. – Т. 3. – С. 149 – 151.

Материалы конференций

16. Чемисов, Б.П. Компьютерное моделирование технологических процессов производства и эксплуатации деталей из полимерных композитов / Б.П. Чемисов, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева // Композиционные материалы в промышленности». СЛАВПОЛИКОМ-98: материалы междунар. конф. – Киев, 1998. – Ч. I. – С. 39 – 42.

17. Зевелева, Е.З. Структурный синтез технологических комплексов термомеханической и электромагнитной обработки / Е.З. Зевелева, М.Л. Хейфец, Б.П. Чемисов // Новые технологии в машиностроении и вычислительной технике: тр. X науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов. – Брест, 1998. – Ч. I. – С. 61 – 64.
18. Кастрюк, А.П. Экономическое обоснование организационно-технических мероприятий предприятия / А.П. Кастрюк, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева // Проблемы экономико-социальных преобразований в условиях перехода к рыночным отношениям: материалы междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экономико-социальных преобразований в условиях перехода к рыночным отношениям. – Брест, 1998. – Ч. II. – С. 135 – 138.
19. Ящерицын, П.И. Структурный синтез технологических комплексов механической и физико-технической обработки изделий / П.И. Ящерицын, Б.П. Чемисов, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева // Современные проблемы машиноведения» (научные чтения, посв. П.О. Сухому) «МАШИНОВЕДЕНИЕ-98»: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Гомель, 1998. – Т. 2. – С. 17 – 20.
20. Зевелева, Е.З. Ресурсо- и энергосберегающие технологии, реализуемые технологическим комплексом высокоэффективной обработки / Е.З. Зевелева // Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении: сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. – Витебск, 1998. – С. 160 – 162.
21. Сенчило, И.А. Ионная имплантация с осаждением покрытия / И.А. Сенчило, О.П. Голубев, Е.З. Зевелева, А.А. Садюкович // Инженерия поверхности и реновация изделий: материалы 2-й междунар. науч.-техн. конф. – Киев, 2002. – С. 166 – 168.
22. Акулович, Л.М. Гибкая автоматизация технологических комплексов электромагнитной и термомеханической обработки / Л.М. Акулович, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева, А.А. Садюкович // Научно-технические проблемы станкостроения, производства технологической оснастки и инструмента: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Киев, 2002. – С. 6 – 8.
23. Сенчило, И.А. Мехатронный комплекс высокоэффективной обработки / И.А. Сенчило, Л.М. Акулович, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева // Сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. – СПб., 2003. – С. 149 – 152.
24. Грецкий, Н.Л. Проектирование средств технологического оснащения для обработки высокопрочных материалов / Н.Л. Грецкий, Е.З. Зевелева, В.В. Краснянский, Е.М. Найденышев // Материалы междунар. науч. конф. – Киев, 2003. – С. 47 – 50.

Тезисы докладов

25. Акулович, Л.М. Методология комплексных исследований комбинированной поверхностной обработки / Л.М. Акулович, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева // Композиционные материалы в промышленности «СЛАВПОЛИКОМ-99»: материалы междунар. конф. – Киев, 1999. – С. 4.
26. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение и восстановление деталей в электромагнитном поле / Л.М. Акулович, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева // Технологии ремонта машин, механизмов и оборудования «РЕМОНТ-99»: материалы междунар. конф. – Киев, 1999. – С. 4.
27. Акулович, Л.М. Гибкий производственный модуль вакуумной ионно-лучевой упрочняющей обработки поверхностей деталей / Л.М. Акулович, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева // Технологии ремонта машин, механизмов и оборудования «РЕМОНТ-2000»: материалы междунар. конф. – Киев, 2000. – С. 5 – 6.

Патенты

28. Дозирующее устройство для подачи порошков: пат. 3581 Респ. Беларусь, МПК В 65 G 27/00 / М.Л. Хейфец, Н.Л. Грецкий, Е.З. Зевелева, С.К. Толстиков; заявитель Полоцк. гос. ун-т. – № и 20060663; заявл. 16.10.06; опубл. 30.06.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 3(56). – С. 192.
29. Дозирующее устройство для подачи порошков: пат. 3614 Респ. Беларусь, МПК В 65 G 27/00 / В.И. Абрамов, И.Т. Сычев, М.Л. Хейфец, Н.Л. Грецкий, Е.З. Зевелева; заявитель Полоцк. гос. ун-т. – № и 20060700; заявл. 30.10.06; опубл. 30.06.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 3(56). – С. 193.
30. Питатель для электромагнитной наплавки: пат. 3984 Респ. Беларусь, МПК В 22 D 19/00 / М.Л. Хейфец, Н.Л. Грецкий, М.В. Подосетников, Е.З. Зевелева; заявитель Полоцк. гос. ун-т. – № и 20070161; заявл. 5.03.07; опубл. 30.10.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 5(58). – С. 139.

РЭЗІЮМЭ

Зевелева Алена Завельеўна

Павышэнне эфектыўнасці тэхналагічных модуляў сумяшчэннем працэсаў умацавання і аднаўлення ў электрамагнітным полі з механічнай апрацоўкай дэталей машын

Ключавыя словы: тэхналагічны модуль, паверхневы пласт, тэрмамеханічная апрацоўка, электрамагнітная апрацоўка, поле кампанойкі, структурны сінтэз, параметрычная аптымізацыя, устойлівасць працэсаў.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца працэсы і абсталяванне тэхналагічных модуляў, якія выкарыстоўваюць крыніцы канцэнтраванай энергіі.

Прадмет даследавання – заканамернасці забеспячэння прадукцыйнасці і якасці апрацоўкі ў працэсах, якія выкарыстоўваюць крыніцы канцэнтраванай энергіі, прасторава-часавыя мадэлі тэхналагічнай сістэмы, структурны сінтэз, параметрычная аптымізацыя і кампанойка складальных элементаў тэхналагічнага модуля.

Мэта працы заключаецца ў павышэнні эфектыўнасці тэхналагічных модуляў апрацоўкі вырабаў сумяшчэннем працэсаў механічнай апрацоўкі з умацаваннем і аднаўленнем ў электрамагнітным полі зношаных паверхняў.

Прапанавана для кіравання камбінаванай апрацоўкай матэматычная мадэль сумяшчэння інтэнсіўных уздзеянняў, якая вызначае асноўныя тэхналагічныя фактары і звязвае параметры якасці і прадукцыйнасці апрацоўкі, базуецца на крытэрыях цепламасапераноса і электрамагнітнага ўзаемадзеяння.

Сфармулявана метадалогія праектавання тэхнічнага абсталявання камбінаванай апрацоўкі вырабаў, заснаваная на выбары крыніц для інтэнсіфікацыі працэсаў і аналізе рэалогіі тэхналагічнага асяроддзя, выдзяленні сувязяў у тэхналагічнай сістэме пры інтэнсіўных уздзеяннях і аналізе структуры адкрытай вытворчай сістэмы, структурным сінтэзе і параметрычнай аптымізацыі тэхналагічных модуляў.

Распрацаваны тэхналагічны модуль камбінаванага ўмацавання і аднаўлення ў працэсах лязовай апрацоўкі, электрамагнітнай наплаўкі з паверхневым пластычным дэфармаваннем, шліфавання і магнітна-абразіўнага паліравання, які павышае эфектыўнасць апрацоўкі больш чым у 3 разы.

РЕЗЮМЕ

Зевелева Елена Завельевна

Повышение эффективности технологических модулей совмещением процессов упрочнения и восстановления в электромагнитном поле с механической обработкой деталей машин

Ключевые слова: технологический модуль, поверхностный слой, термо-механическая обработка, электромагнитная обработка, поле компоновки, структурный синтез, параметрическая оптимизация, устойчивость процессов.

Объектом исследования являются процессы и оборудование технологических модулей, использующих источники концентрированной энергии.

Предмет исследования – закономерности обеспечения производительности и качества обработки в процессах, использующих источники концентрированной энергии, пространственно-временные модели технологической системы, структурный синтез, параметрическая оптимизация и компоновка составляющих элементов технологического модуля.

Цель работы состоит в повышении эффективности технологических модулей обработки изделий совмещением процессов механической обработки с упрочнением и восстановлением в электромагнитном поле изношенных поверхностей.

Предложена для управления комбинированной обработкой математическая модель совмещения интенсивных воздействий, определяющая основные технологические факторы и связывающая параметры качества и производительности обработки, базирующаяся на критериях тепломассопереноса и электромагнитного взаимодействия.

Сформулирована методология проектирования технологического оборудования комбинированной обработки изделий, основанная на выборе источников для интенсификации процессов и анализе реологии технологической среды, выделении связей в технологической системе при интенсивных воздействиях и анализе структуры открытой производственной системы, структурном синтезе и параметрической оптимизации технологических модулей.

Разработан технологический модуль комбинированного упрочнения и восстановления в процессах лезвийной обработки, электромагнитной наплавки с поверхностным пластическим деформированием, шлифования и магнитно-абразивного полирования, повышающий эффективность обработки более чем в 3 раза.

SUMMARY

Zeveleva Elena Zavelevna

Increasing efficiency of technological modules for processing the products by overlapping the processes of machining with hardening and restoration in an electromagnetic field

Key words: a technological module, a superficial layer, thermomechanical processing, electromagnetic processing, a field of configuration, structural synthesis, parametrical optimization, stability of processes.

Object of research are processes and the equipment of the technological modules which use sources of concentrated energy.

Subject of research is laws of providing the processing productivity and quality in the processes using the sources of concentrated energy, existential models of the technological system, structural synthesis, parametrical optimization and configuration of constituent elements of the technological module.

The purpose of work is to increase the efficiency of the technological modules for processing the products by overlapping the processes of machining with hardening and restoration in an electromagnetic field of the worn out surfaces.

The mathematical model of overlapping the intensive influences, which defines the basic technological factors and which connects parameters of the processing quality and productivity, based on the criteria of heat and mass transfer and electromagnetic interaction is offered for the management of the combined processing.

The methodology of designing the technological equipment for the combined processing of the products, is formulated, which is based on the choice of sources for the intensification of processes and the analysis of rheology of the technological environment, allocation of connections in the technological system under intensive influences and the analysis of the structure of the open manufacturing system; structural synthesis and parametrical optimization of the technological modules.

The technological module of the combined hardening and restoration in cutting processing, electromagnetic facing with plastic surface deformation, grindings and the magnetic-abrasive polishing, is developed which increasing efficiency of processing more than 3 times.

Научное издание

ЗЕВЕЛЕВА Елена Завельевна

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ
СОВМЕЩЕНИЕМ ПРОЦЕССОВ УПРОЧНЕНИЯ
И ВОССТАНОВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ
С МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.03.01 – Технологии и оборудование механической
и физико-технической обработки

Ответственный за выпуск Т.Н. Микулик

Подписано в печать 09.10.2008.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,09. Тираж 60. Заказ 1158.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0131627 от 01.04.2004.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.