

УДК 621:681.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПОТОКИ ЭНЕРГИИ

д.т.н., проф. М.Л. Хейфец, В.С. Крутько, к.т.н., доц. В.А. Гайко,
И.М. Позылова, к.т.н., доц. Е.З. Зевелева

ГНПО «Центр» НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь
Полоцкий государственный университет, Пинск

Рассмотрена модель процессов формирования изделия. Показано, что использование критериев переноса для анализа процессов формирования структур и фаз многократно уменьшает объем экспериментальных исследований в технологиях создания поверхности комбинированными методами электрофизической обработки. Анализ обобщенных схем процессов электрофизической обработки позволит выделить главные принципы организации обратных связей в открытой технологической системе.

The model of processes of formation of products is considered. It is shown, that use of criteria of carrying over for the analysis of processes of formation of structures and phases repeatedly reduces volume of experimental researches of technology of formation of a blanket at the combined methods of electrophysical processing. It is shown, that the analysis of the generalised schemes of processes of electrophysical processing allows to allocate main principles of the organisation of a feedback in open technological system.

На современном этапе научно-технического прогресса требования, предъявляемые к прочности, твердости, вязкости, износостойкости поверхности, столь высоки, что традиционные методы обработки в ряде случаев не позволяют достаточно эффективно получить необходимые параметры качества поверхностных слоев изделий [1].

В связи с этим на машиностроительных предприятиях все чаще используются совмещенные и комбинированные методы электрофизической обработки, использующие плазменные, электродуговые, ионные, электроннолучевые, лазерные и другие источники энергии [2].

Классификация технологических источников энергии. Изучение потоков энергии с различной плотностью мощности показало возможность реализации в производственных условиях разнообразных комбинированных методов электрофизической обработки, незначительное число которых, если практически и не воспроизводимо, то в то же время их существование возможно в качестве побочных явлений и эффектов при других электрофизических методах

формирования поверхностей [2]. Анализ эффективности обработки показал целесообразность применения методов, совмещающих как электрофизические, так и термомеханические воздействия [3].

Процесс изготовления машины при электрофизической комбинированной обработке сопровождается взаимодействиями различных технологических объектов технологического комплекса.

Под технологическим объектом (ТО) понимают любой из объектов, в результате взаимодействия которых происходит определение или изменения состояния предмета производства при изготовлении изделия. Множества ТО, взаимодействующих в процессе изготовления изделия, образуют технологические системы [1].

Технологическая среда представляет собой совокупность технологических объектов, взаимодействующих с выделенным технологическим объектом на отдельном этапе изготовления изделия. Выделенным технологическим объектом могут быть: предмет производства (заготовка, сборочная единица); отдельная технологическая операция; процесс и т.д. Средой является все, что не принадлежит выделенному технологическому объекту, но с чем у него имеется связь.

Если в технологической системе уровня операции механической обработки выделяют технологический объект заготовку, то технологическую среду уровня операции по отношению к ней образуют инструмент и приспособление. Оборудование здесь не входит в состав среды прямо, но, приводя в движение приспособление и инструмент, опосредованно участвует в формировании среды.

Для технологических комплексов, использующих комбинированные методы электрофизической и термомеханической обработки поверхностей деталей машин и применяющих для технологических воздействий источники энергии, оборудование прямо входит в состав технологической среды (рис.1).

Выбор технологических сред и любого из технологических источников, обладающих рациональными резервами и требующих определенных условий для проведения технологических воздействий, может эффективно осуществляться на базе предлагаемой конструкторско-технологической классификации источников энергии (табл. 1).

Конструкторско-технологическая классификация в зависимости от состояния технологической среды предлагает выбор источников энергии как по уровню концентрации энергии на обрабатываемой поверхности, так и по ее распределению в рабочей зоне.

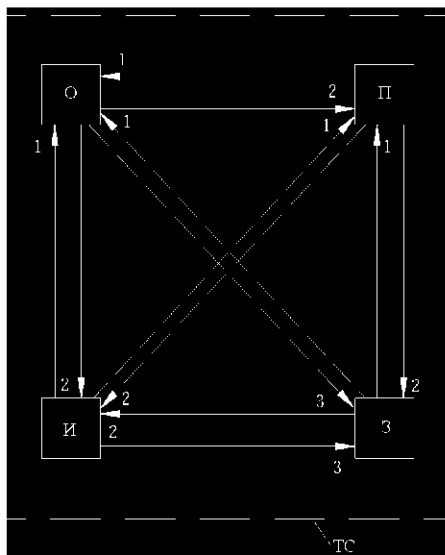


Рис. 1. Структура комбинированных электрофизических и термомеханических воздействий технологической среды, осуществляющей: установку (1); закрепление, движение (2); обработку изделия (З), включающей: оборудование (О); инструмент (И); приспособление (11); заготовку (З)

Таблица 1

Конструкторско-технологическая классификация источников энергии

Технологические источники	Технологическая среда	Вид источника энергии	Плотность мощности потоков энергии, $q, \text{Вт/см}^2$
Распределенные потоки энергии			
1. Поле (распределенный поток)	Не требует изменений рабочей зоны	Электрохимический	$(10) \dots 10^2 \dots 10^3$
		Индукционный	$(10^2) \dots 10^3 \dots 10^4$
		Электромагнитный	$10^3 \dots 10^9 \dots (10^6)$
Концентрированные потоки энергии			
2. Поток (концентрированная струя)	Требует 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	$10^3 \dots 10^6 \dots (10^7)$
3. Луч (сфокусированный пучок)	Требует изменений (изоляции) рабочей зоны	Ионный	$(10^7) \dots 10^8 \dots 10^9$
		Электронный	$(10^3) \dots 10^5 \dots 8 \cdot 10^8$
		Лазерный	$(5 \cdot 10^3) \dots 10^6 \dots 10^9$

Анализ обратных связей в технологической системе. При управлении источниками энергии целесообразно использовать соотношения, пропорциональные критериям тепломассопереноса, для оптимизации геометрических характеристик рельефа поверхности [4, 5]:

$$R \sim \frac{v_s [Q / (1 - H_\varepsilon)]}{(B/I) \cdot (v/S)} = \frac{v_s SIQ}{vB(1 - H_\varepsilon)} \quad (1)$$

и для оптимизации физико-технических параметров относительного упрочнения материала поверхностного слоя [4, 6]:

$$H_\varepsilon \sim 1 - \frac{v_s SIQ}{vBR}, \quad (2)$$

в которых $\bar{v}_s = \bar{v} + \bar{S}$ – результирующая скорость движений формирования поверхности, главного \bar{v} и подачи \bar{S} ; Q – масса формируемого слоя, пропорциональная увеличению или снижению его толщины, I – сила тока и B – магнитная индукция.

Соотношения (1) и (2) показывают положительную обратную связь рельефа R и отрицательную обратную связь упрочнения H_ε с производительностью обработки $v_s Q$, а также с регулируемыми характеристиками оборудования (S) и мощности источника энергии (I/B).

Анализ обобщенных схем процессов электрофизической обработки позволяет выделить основные принципы организации обратной связи в открытой технологической системе.

В случае, когда в первую очередь необходимо сформировать поверхность (1), а затем ее упрочнить (2), как, например, при деформировании и резании, в технологической системе при термомеханических воздействиях создается положительная обратная связь. Избыточные степени свободы инструмента и технологической среды, подавляя рассеяние потоков энергии и вещества в формируемом припуске, создают упрочняющие структуры в поверхностном слое и повышают производительность обработки.

В том случае, когда сначала требуется упрочнить (2), а в завершение сформировать рельеф поверхности (1), как, например, при нанесении покрытий, в технологической системе при электрофизических воздействиях организуется отрицательная обратная связь. Дополнительные воздействия источниками энергии и веществами, формируя упрочняющие структуры в поверхностном слое, не допускают развития неустойчивости процесса при образовании рельефа

поверхности и при стабилизации не позволяют поднять производительность обработки.

Конструкторско-технологическая классификация источников энергии позволяет дать рекомендации по их целенаправленному использованию в технологических комплексах электрофизической обработки, основываясь на состоянии технологической среды в рабочей зоне.

Организация обратных связей в технологическом комплексе электрофизической обработки через избыточные степени свободы инструментов, частиц наносимого материала и удаляемого слоя, а также посредством дополнительных воздействий потоками поля и источниками энергии, позволяет управлять устойчивостью процессов формирования поверхностного слоя путем их самоорганизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологические основы управления качеством машин: Библиотека технолога / А.С.Васильев, А.М.Дальский, М.Л.Хейфец и др. – Москва: Машиностроение, 2003. – 256 с.
2. Хейфец, М.Л. Проектирование процессов комбинированной обработки / М.Л.Хейфец – Москва: Машиностроение, 2005. – 272 с.
3. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле / Л.М.Акулович. – Полоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.
4. Хейфец, М.Л. Самоорганизация процессов при высокоэффективных методах обработки деталей / М.Л.Хейфец. – Новополоцк: ПГУ, 1997. – 268 с.
5. Телегин, А.С. Тепломассоперенос / А.С. Телегин, В.С. Швыдкий, Ю.Г.Ярошенко. М.: Металлургия. 1995. 400 с.
6. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент / под ред. В.А.Григорьева и В.М.Зорина. М.: Энергоатомиздат. 1988. 560 с.