

Аннотация

Высокоэффективные технологии лезвийной обработки восстановленных поверхностей деталей

Широкое применение высокопрочных материалов ведет к росту затрат на режущий инструмент и механическую обработку деталей. Значительно повысить качество и надежность инструментов могут внедрение в их производство процедур ресурсных испытаний и сертификации. Это подтверждается и опытом работы испытательного центра ФТИ НАН Беларуси в области сертификации лезвийных и алмазно-абразивных инструментов.

Abstract

High-technology lezviynoy treatment restored surfaces

Widespread use of high performance materials led to an increase in the cost of cutting tools and machining parts. Significantly improve the quality and reliability of instruments may introduce into their production processes of resource testing and certification. This is confirmed by experience and Testing Center of Physical-Technical Institute Academy of Sciences of Belarus in the field of certification diamond abrasive tools.

УДК 621.923

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

*Акулович Л.М., д.т.н., профессор; Комик И.Ю., аспирант
Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

При анализе интенсивных методов обработки необходимо учитывать стабильность формирования параметров качества обработки и рассматривать механизмы управления устойчивостью технологического процесса путем применения обратных связей [1]. Поскольку условия, обеспечивающие самоорганизацию поверхностных явлений и стабилизацию формирования параметров качества интенсивной обработки, являются следствием избыточности рассматриваемой технологической системы по структурному составу [2], то целесообразно в качестве целевой функции вместо конкретных значений совокупности критериев выбора использовать критерии самоорганизации процессов [3].

В общем виде системная модель технологии [4] представляется сочетанием трех входных потоков: вещества, энергии, информации. Способ обработки целесообразно рассматривать в виде двух подсистем: энергетической и информационной. Первая преобразует и доставляет энергию, необходимую для воздействия на заготовку с целью изменения ее физико-механических свойств, снятия материала. Вторая управляет потоками энергии и вещества, обеспечивая их доставку в необходимом количестве в заданное место рабочего пространства с целью обеспечения требуемых формы, размеров и свойств поверхности детали.

Воздействие на заготовку осуществляется с целью перехода ее из одного состояния в другое, соответствующее новому качеству [4]. Процесс магнитно-абразивной обработки

(МАО) заготовки осуществляется после нескольких этапов преобразования энергии:

– на первом этапе подводимая энергия преобразуется в электромагнитное поле, кинетическую энергию вращения заготовки и поступательного движения полюсных наконечников с помощью технологического оборудования;

– на втором этапе под действием электромагнитного поля происходит формирование режущего инструмента из магнитно-абразивного порошка – «абразивной щетки»;

– на третьем этапе различные виды энергии взаимодействуют между собой, что приводит к образованию физико-химических механизмов съема материала, являющихся главным элементом формирования параметров процесса обработки (производительность, энергозатраты, качество поверхности и т. п.).

Для описания процессов теплопереноса при использовании концентрированных потоков энергии применяются критерии, характеризующие поверхностные и пространственные движения потоков вещества и энергии [5].

Таким образом, образование термодинамических неустойчивостей в технологической системе магнитно-абразивной обработки целесообразно описывать модифицированными критериями теплопереноса (Рейнольдса – Re^* , Пекле – Pe^* , Прандтля – Pr^*).

Модифицированный критерий Рейнольдса (Re^*) характеризует переход ламинарного движения порошковой среды в турбулентное, критерий Пекле Pe^* характеризует отношение количества теплоты, отводимого конвекцией и путем теплопроводности, и определяет, является ли данный источник теплоты быстро движущимся, а критерий Прандтля Pr^* – способность теплоты распространяться в данной среде [5].

$$Re^* = \frac{Pe^*}{Pr^*} = \frac{v_s \delta}{\omega^* Pr^*} = \frac{v_s \delta}{v^*} = \frac{v_s \delta}{(\sigma_p / \sigma_m)(v/A)} = v_s \delta \left(\frac{A}{v} \right) \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_p} \right), \quad (1)$$

где $\vec{v}_s = \vec{v} + \vec{A}$ – результирующая скорость движений формирования поверхности, состоящая из скорости вращения заготовки \vec{v} , скорости поступательного движения полюсных наконечников \vec{A} ; δ – толщина снимаемого слоя; ω^* и v^* – обобщенная проводимость и вязкость технологической среды; σ_p – трансляционная составляющая напряженного состояния технологической среды и сформированного поверхностного слоя в направлении силы деформирования \vec{P} ; σ_m – ротационная составляющая напряженного состояния в направлении вращения на плоскости, образованной \vec{P} и \vec{v} .

Соотношение параметров напряженного состояния среды (σ_p / σ_m) , пропорциональных факторам, определяющим перемещение и вращение частиц порошка, можно представить отношением B/τ для магнитодинамических воздействий.

Процесс магнитно-абразивной обработки исследовался в зависимости от основных технологических факторов: v , A , τ , B , δ . Исследование влияния этих факторов проводилось на образцах из стали 45 диаметром 40 мм, предварительно отшлифованных до Ra 0,63 – 1,25 мкм. Обработка производилась ферроабразивным порошком Ж15КТ зернистостью 100/160. В качестве СОТС применялся 5% – ный раствор эмульсола Э2 в воде.

Полученные экспериментальные результаты (см. рисунок 1 а-г) показывают, что скорость v и время τ обработки влияют на производительность Q и параметр шероховатости поверхности Ra аналогично скорости поступательного движения полюсных наконечников A и индукции B . При этом, как Q , так и Ra характеризуются, главным образом, временем обработки τ , которое вместе с магнитной индукцией B определяет количество абразивных зерен, участвующих в формировании поверхности. Следовательно, соотношение, описывающее вязкость технологической среды магнитодинамическими и кине-

математическими характеристиками $(B/\tau)(V/A)$, стремится к постоянству и повышает устойчивость магнитно-абразивной обработки.

В результате проведенных исследований установлены обратные связи в технологической системе: положительная при формировании поверхности или отрицательная при упрочнении поверхностного слоя:

$$Ra \sim \frac{Q / (1 - \Delta H^* / H^*)}{(B / \tau)(V / A)}, \quad (2)$$

$$H \sim 1 - \frac{(B / \tau)(V / A)}{Q} \quad (3)$$

При использовании положительной обратной связи (2) дополнительные перемещения частиц ферроабразивного порошка или инструмента, подавляя рассеяние потоков энергии, создают упрочняющие структуры в поверхностном слое и повышают производительность обработки.

При использовании отрицательной обратной связи (3) дополнительные воздействия потоками энергии, формируя упрочняющие структуры, не допускают развития неустойчивостей процесса образования рельефа поверхности и повышают качество обработки при снижении ее производительности.

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

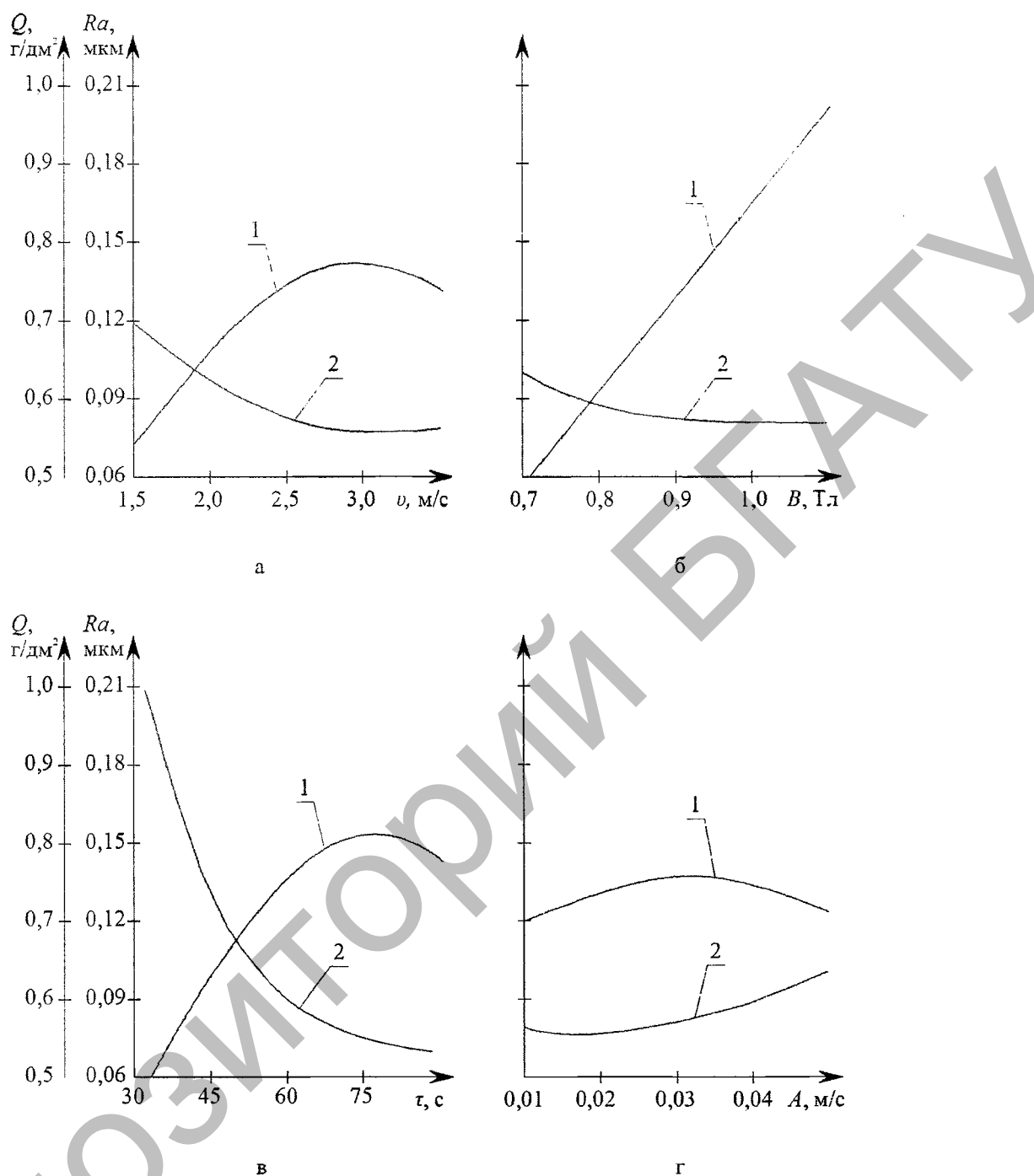


Рисунок 1 – Зависимости качественных показателей МАО от основных технологических факторов: v , B , τ , A .

Обеспечение условий самоорганизации процессов формирования поверхностного слоя согласно критериям Пекле Pe и Рейнольдса Re и организация обратных связей в открытых технологических системах при совместных воздействиях позволяют посредством стабилизации электрофизических и термомеханических процессов управлять эффективностью и качеством обработки.

Моделирование термомеханических и электрофизических процессов на основе синергетического подхода позволяет учитывать стабильность формирования параметров качества и рассматривать механизмы управления устойчивостью технологических процессов. Поскольку условия, обеспечивающие самоорганизацию поверхностных явлений и

стабилизацию формирования параметров качества обработки, являются следствием избыточности рассматриваемой технологической системы по структурному составу, то целесообразно в качестве целевой функции вместо конкретных значений совокупности критериев выбора использовать критерии самоорганизации процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эйдельман, Е.Д. Возбуждение электрической неустойчивости нагреванием // Успехи физических наук. – 1995. - Т. 165. - № 11. - С. 1279 - 1294.
2. Анализ свойств отношений технологических решений при проектировании комбинированных методов обработки материалов / П.И. Ящерицын, В.И. Аверченков, М.Л. Хейфец, С.В. Кухта // Доклады НАН Беларуси. - 2001. - Т. 45. - №4. - С. 106 - 109.
3. Технологические основы управления качеством машин / А.С. Васильев, А.М. Дальский, М.Л. Хейфец и др. – Мн.: ФТИ НАНБ; Новополоцк: ПГУ, 2002. - 2001. – 216 с.
4. Рыжов Э.В., Аверченков В.И. Оптимизация технологических процессов механической обработки.- Киев: Наукова думка, 1989. - 192с.
5. Хейфец М.Л. Самоорганизация процессов при высокоэффективных методах обработки деталей. - Новополоцк: ПГУ, 1997.- 268с.
6. Арбузов В.И., Мрочек Ж.А., Попок Н.Н., Хейфец М.Л. Программно-информационное обеспечение автоматизации подготовки производства. - Минск: БГПА, 1998. – 77с.
7. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент / Под ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. - Москва: Энергоатомиздат, 1988. -560с.

Аннотация

Управление процессами формирования поверхностей при магнитно-абразивной обработке

Описывается подход к стабилизации параметров качества обрабатываемой поверхности путем повышения устойчивости нестационарных технологических систем, базирующийся на поддержании диапазона режимов обработки, обеспечивающих диссипацию потоков энергии в процессах самоорганизации поверхностных явлений.

Abstract

Managing the processes of formation of surfaces with the magnetic-abrasive processing

We describe the approach to stabilize the quality of treated surfaces by improving the sustainability of non-technological systems, based on maintaining range of treatment regimes for the dissipation of energy flows in the processes of self-surface phenomena.