

Сущность восстановления жесткости заключается в повышении модуля упругости материала путем его объемного пластического деформирования. Деформированию подвергают элемент детали, в котором действуют основные рабочие напряжения (нормальные и касательные) при работе детали. С этой целью применяют механическую (дробеструйную, обкатывание и ультразвуковую), химико–термическую и термомеханическую обработку. Тепловые и химические воздействия способствуют распространению структурных превращений вглубь материала восстанавливаемого элемента.

**Заключение.** Классификация конструктивных элементов восстанавливаемых деталей и разработка технологических модулей их восстановления сокращает объем подготовки производства, выраженный количеством технологических документов и исполнительных агрегатов технологических машин. Системный эффект от применения предлагаемой организации выражается в уменьшении трудоемкости технологической подготовки ремонтного производства. Основной методологический принцип в организации работ заключается в применении ограниченного числа технологических модулей к восстановлению неограниченного количества деталей.

### Литература

1. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др.]; под ред. В.П. Иванова, – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.

УДК 621:681.5

## ВЫБОР КОНСТРУКТОРСКО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКЕ

М.Л. Хейфец, д-р техн. наук, проф., В.А. Гайко, канд. техн. наук,  
В.И. Бородавко, А.М. Пынькин  
Президиум НАН Беларуси  
ГНПО «Центр» (г. Минск, Беларусь)

**Введение.** Перспективным направлением в машиностроении является создание и внедрение в производство новых методов обработки (МО), основанных на сочетании в одном процессе различных видов энергии или различных способов воздействия на обрабатываемый материал. В общем виде системная модель технологии представляется в виде трех входных потоков: материи, энергии, информации.

Метод обработки целесообразно рассматривать в виде подсистем – энергетической и информационной. Энергетическая подсистема доставляет и преобразует энергию, необходимую для электрофизического и термомеханического воздействия на заготовку с целью изменения ее физико–механических свойств, отделения или нанесения материала. Эта подсистема определяется видом про-

цесса обработки (ПО). Информационная подсистема управляет потоками энергии и материалов, обеспечивая их доставку в необходимом виде и количестве в заданное место рабочего пространства с целью создания определенной формы, размеров и качества поверхности детали.

**Выбор конструкторско–технологических решений.** Под методом обработки понимается совокупность энергетических и информационных процессов, направленных на изменение формы, размеров, качества поверхности и физико–механических свойств. Процесс целесообразно рассматривать как некоторую энергетическую систему, доставляющую энергию, необходимую для формирования поверхности или обрабатываемого объекта в целом, и преобразующую ее из одного состояния заготовки в другое, соответствующее новому качеству.

Все МО подразделяются, во–первых, на три класса: без съема и со съемом материала, с нанесением материала; во–вторых, для каждого выделяются подклассы, характеризующие виды используемой при обработке энергии; в–третьих, МО характеризуются физико–механическим механизмом ПО; в–четвертых, разновидность методов определяется видом используемого инструмента и кинематикой обработки.

При обосновании выбора конструкторско–технологических решений и синтезе комбинированных методов, совмещая электрофизические и термомеханические воздействия, необходимо учитывать стабильность формирования параметров качества обработки и рассматривать механизмы управления устойчивостью технологического процесса путем применения обратных связей между механизмами воздействия. Поэтому в качестве целевой функции вместо конкретных значений совокупности критериев выбора предлагается использовать критерии процессов совместного действия конструкторско–технологических факторов.

Условия, обеспечивающие самоорганизацию технологических воздействий и стабилизацию формирования параметров качества обработки, являются следствием избыточности по структурному составу рассматриваемой технологической системы и требуют рационального выбора определяющих факторов.

Соотношение надежности – устойчивости и адаптивности – эволюции может служить критерием, позволяющим принять решение о рациональной структуре стационарного технологического комплекса.

В самоорганизующихся системах можно управлять адаптивностью и надежностью, изменяя число подсистем или их параметров, так как каждая подсистема производства с фиксированным числом характеристик имеет выходы: строго определенный, детерминированный и флуктуирующий с рассеянными характеристиками.

Полный выход, согласно предельной центральной теореме, растет пропорционально числу подсистем или их параметров  $n$ , в то время как величина рассеяния растет пропорционально  $\sqrt{n}$ . Эти оценки основаны на анализе линейных соотношений, на самом же деле обратная связь, присущая технологическим системам комбинированной обработки, в которых процессы движения информа-

ционных и энергетических потоков носят кооперативный характер, приводит к еще более значительному подавлению рассеяния характеристик.

**Заключение.** Таким образом, управление надежностью и адаптивностью гибкой системы комбинированной обработки на этапе проектирования оборудования в виде замкнутых технологических комплексов должно осуществляться путем ограничения номенклатуры универсальных производственных модулей и средств их технологического оснащения с последующей унификацией номенклатуры объектов и процессов производства.

УДК 621.048.6.06

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ В ГРАНУЛИРОВАННЫХ РАБОЧИХ СРЕДАХ**

М.А. Тамаркин, д-р техн. наук, проф., Э.Э. Тищенко, канд. техн. наук, доц.  
Донской государственной технической университет  
(г. Ростов–на–Дону, Россия)

В современном машиностроении все более широкое применение находят методы обработки деталей в гранулированных рабочих средах. Хорошая производительность, высокое качество обработки деталей сложной конфигурации из различных материалов, широкие технологические возможности позволяют успешно использовать их на операциях шлифования, полирования, поверхностного упрочнения, скругления острых кромок, удаления заусенцев и облоя и т.п. Однако сложность явлений, происходящих в зоне обработки, большое число факторов, влияющих на результаты процесса (характеристики рабочих сред, режимы обработки, конструктивные параметры оборудования, механические свойства обрабатываемых материалов), затрудняют проектирование технологических процессов, гарантированно обеспечивающих заданное качество поверхностного слоя обработанных деталей.

Среди методов обработки в гранулированных рабочих средах выделяют как отделочно–зачистные в абразивных частицах (виброабразивная обработка, центробежно–ротационная абразивная обработка, струйно–абразивная обработка, турбоабразивная обработка), так и отделочно–упрочняющие в металлических шариках (вибрационная отделочно–упрочняющая обработка, центробежно–ротационная отделочно–упрочняющая обработка).

Для описания механизма формирования свойств поверхностного слоя при использовании любого из используемых методов можно применить общий подход, заключающийся в определении количественных параметров единичного взаимодействия гранул с поверхностью детали и оценке с использованием вероятностных методов числа таких взаимодействий в единицу времени на