

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Матяс Д.С., Щурский Д.С., студ-ты, Миранович А.В., к.т.н.
(Белорусский государственный аграрный технический университет)

Известно [1, 2], что на современном этапе развития машиностроительного и ремонтного производств перспективным является применение автоматизированного проектирования мехатронных технологических модулей (ТМ), использующих концентрированные источники энергии. При этом адаптивное управление высокоэффективных электрофизических методов восстановления и упрочнения металлических поверхностей деталей, к числу которых относятся магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ) композиционными ферромагнитными порошками (ФМП) [3], поверхностно-пластическое деформирование (ППД) покрытий [4] и модифицирование поверхностных слоев лазерным лучом [5], обеспечивает бесперебойную работу и гибкую переналадку технологического оборудования. Следует отметить, что этим методам присущи такие недостатки, как разнотолщинность и пористость покрытий (МЭУ), присутствие в них микротрещин и окислых включений (ППД), шероховатость обработанной (лазерная термообработка) поверхности [1, 3, 5].

Поэтому для устранения этих дефектов и изучения возможности обработки металлических поверхностей деталей комбинированным способом – последовательным проведением МЭУ и ППД, совмещенных в одной технологической схеме, и последующей лазерной термообработки предложен и разработан технологический модуль. ТМ содержит все необходимые составляющие мехатронной системы: объекты управления (заготовка, инструмент, источник энергии), приводы (механизмы перемещения заготовки, инструмента, источника энергии), датчики и управляющие устройства, сопряженные между собой (компьютер, блоки управления инструментом и источником энергии) и систему программного обеспечения.

Для управления источниками энергии при комбинированной обработке используются критерии, характеризующие электромагнитные потоки: энергетический Si , магнитного взаимодействия Sm , напряженности электрического поля Se и их соотношения

$$Si = \frac{I^2 R}{\rho V H l^3} = \frac{V}{H'} \cdot \frac{R/l}{\rho V^2} \cdot \left(\frac{I^2}{l} \right); \quad Sm = \frac{IB}{\rho V^2 l} = \frac{B}{\rho V^2} \cdot \frac{I}{l} = \frac{B}{\tau(PV)} \cdot \frac{I}{l}; \quad Se = \frac{E_l l^2}{IR} = \frac{E_l}{R/l} \cdot \frac{l}{I},$$

в которых V – скорость потока; H' – энтальпия, теплосодержание потока; R – электросопротивление; l – характерный линейный размер рабочей зоны; ρ – плотность потока; I – сила разрядного тока; B – индукция магнитного поля; τ – текущее время; P – усилие поверхностного пластического деформирования покрытия; E_l – напряженность электрического поля.

Электромагнитное поле согласно критерию магнитного взаимодействия Sm изменяет напряженное состояние технологической среды (покрытия) через произведение BI , управляя магнитными потоками и создавая, в соответствии с критерием напряженности электрического поля Se через отношение E_1/i , необходимую разность потенциалов между частицами ФМП, заготовкой и полюсным наконечником. В результате при МЭУ обеспечивается тепловое действие тока I^2R , описываемое энергетическим критерием Si .

Термодинамические неустойчивости, возникающие при МЭУ с ППД и изменяющие структуры наплавленных слоев, их микротвердость, геометрические параметры, ликвидируются посредством регулирования и стабилизации параметров I и P .

Для адаптивного управления тепловым воздействием используются датчики параметров электрической дуги, сигнал от которых поступает в блок сравнения, сравнивается с сигналом от блока расчета. Резкость этих значений обеспечивается усилителями напряжений и тока и обрабатывается окончанным каскадом. При этом интегральное значение тока выдается на преобразователь напряжения в обмотках электромагнитной системы устройства МЭУ.

Система автоматического управления усилием деформирования P состоит из датчика положения, контроллера с аналого-цифровыми преобразователями, пропорционально-интегрально-дифференциальным регулятором, двухфазного усилителя мощности и шагового двигателя.

Адаптивное управление такими основными технологическими параметрами, как величина разрядного тока I и усилие пластического деформирования P в мехатронном ТМ для комбинированной обработки позволяет существенно повысить качество упрочненного поверхностного слоя деталей, а также снизить затраты на их ремонт и эксплуатацию технологического оборудования, обеспечивающего процесс восстановления и упрочнения.

Список литературы

1. Акулович Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. Полоцк : ПГУ, 1999. 240 с.
2. Хейфец М.Л., Кожуро Л.М., Хейфец М.Л. Процессы самоорганизации при формировании поверхностей. Гомель : ИММС НАНБ, 1999. 276 с.
3. Акулович Л.М., Миранович А.В. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники. Минск : БГАТУ, 2016. 236 с.
4. Кожуро Л.М., Чемисов Б.П. Обработка деталей машин в магнитном поле. Минск : Наука и техника, 1995. 232 с.
5. Девойно О.Г., Кардаполова М.А. Модифицирование поверхности покрытий с использованием лазерного нагрева. Минск : БНТУ, 2013. 228 с.