

Таким образом, результаты моделирования подтверждают возможность реализации предложенного алгоритма управления реальными приводами мобильного робота с использованием ПД-регуляторов. Данный алгоритм можно применить на практике.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О.Н. Прокопеня, К.А. Козлович, В.В. Халитов. Система управления двигательным модулем мобильного робота // Материалы республиканского научно-практического семинара «Автоматизация и роботизация процессов и производств», Минск, 13 февраля 2014 г. / «Бизнесофсет» – Минск, 2014. – С. 65–67..
2. Р. Штеттер, О.Н. Прокопеня, К.А. Козлович THE PROBLEM OF MOBILE ROBOTS MOVEMENT CONTROL // Материалы международной научно-технической конференции «Новые технологии и материалы, автоматизация производства», Брест, 29 – 30 октября 2014 г. / БрГТУ – Брест, 2014. – С. 4–6.

УДК 621.793

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И СТАБИЛИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ НАГРЕВА В ПРОЦЕССЕ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

*Белоцерковский М.А.¹, Белявин К.Е.², Сосновский И.А.¹,
Курилёнок А.А.¹*

- 1) Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
Минск, Республика Беларусь;
- 2) Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь.

Автоматизация процесса центробежной индукционной наплавки (ЦИН) антифрикционных либо износостойких порошковых слоев к внутренней поверхности цилиндрических заготовок [1-3] предусматривает использование автоматического регулирования и стабилизации режимов нагрева заготовок. Стабилизация режимов нагрева необходима в первую очередь для обеспечения стабильности повторяемости качества каждой из большого числа упрочняемых деталей. Использование автоматического регулирования процесса центробежной индукционной наплавки позволяет, с одной стороны, осуществлять стабилизацию строго заданных режимов нагрева, а с другой, - практически полностью исключить трудозатраты, связанные с необходимостью ручного регулирования этих режимов в течение каждого цикла нанесения покрытия.

Методы регулирования температуры наружной поверхности вращающейся заготовки при ЦИН могут быть разделены на две основные группы:

- а) дискретное управление (включение-отключение источника нагрева в заданном интервале температур с помощью электрического реле).
- б) непрерывное управление (регулирование мощности нагрева на основании электрического сигнала, регистрируемого пирометром).

Второй метод представляется предпочтительным, поскольку при этом исключается нестабильность работы генератора ТВЧ, связанная с дискретным режимом его работы, что приводит к нестабильности термических режимов.

В качестве основных технических средств для автоматизации процесса центробежной индукционной наплавки использованы серийно выпускаемый Каменец-Подольским приборостроительным заводом (Украина) прибор контроля измеряемой в процессе нагрева заготовок температуры (оптический пирометр излучения АПИР-С), а также нестандартная аппаратура (регулятор мощности генератора ТВЧ АРРИН-2М) для регулирования и стабилизации задаваемой температуры и схемы привязки к источнику нагрева и стыковки представленных выше приборов, разработанные Объединенным институтом машиностроения НАН Беларуси (г. Минск, Республика Беларусь).

Постановка задачи разработки системы регулирования и стабилизации режимов нагрева на базе описанных выше измерительных и регулирующих приборов связана с необходимостью в процессе нанесения покрытия осуществлять непрерывный контроль и поддержание температуры нагрева заготовки на заданном уровне. Повышенные требования к точности задания температуры наплавки и стабилизации ее на заданном уровне обусловлены тем, что применяемые для упрочнения деталей износостойкие хромо-никелевые сплавы типа ПГ-СР2; ПГ-СР3; ПГ-СР4 или на основе железа – ПР-Х4Г2Р4С2ФЮД очень чувствительные к перегреву, который существенно ухудшает их свойства после формирования из них покрытия.

Система автоматического регулирования режимов нагрева позволяет при заданных температурно-временных параметрах обеспечить стабилизацию процесса центробежной индукционной наплавки для широкого диапазона типоразмеров упрочняемых деталей.

На рис.1 представлена структурная схема системы автоматического регулирования режима нагрева заготовок [4].

Структурная схема содержит:

ПЧД и ПВВ-3 – соответственно, первичный оптический преобразователь частичного излучения и преобразователь измерительный вторичный, которые образуют комплекс АПИР-С;

БС - блок согласования выходного сигнала вторичного преобразователя ПВВ-3 АПИР-С с входным сигналом АРРИН-2М;

АРРИН-2М – регулятор мощности генератора ТВЧ;

РУ – реле уровня выходного сигнала вторичного преобразователя АПИР-С;

РВ – реле времени;

ГТВЧ – генератор токов высокой частоты;

И – индуктор.

Работа системы автоматического регулирования заключается в следующем. Нагрев упрочняемой заготовки производится после подачи от регулятора мощности АРРИН-2М на сетки тиратронов ГТВЧ управляющего напряжения, что вызывает протекание через индуктор И токов высокой частоты.

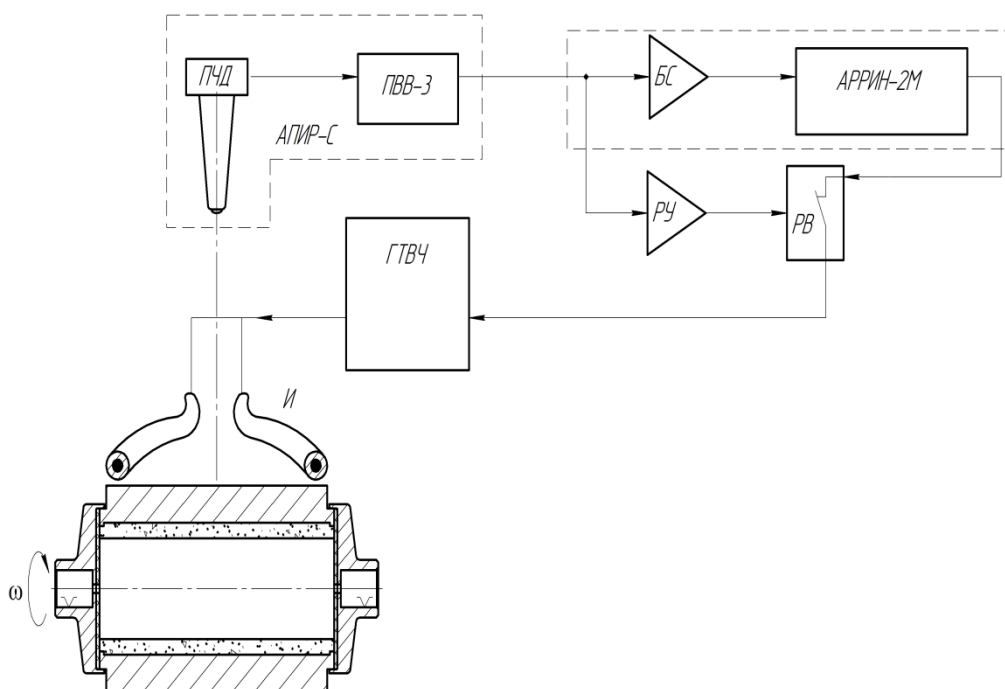


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического регулирования режима нагрева заготовок

Протекание тока в индукторе создает индуцирование его в заготовке и ее разогрев. В результате нагрева происходит изменение спектра волн светового излучения наружной поверхности заготовки, которое улавливается оптическим датчиком частичного излучения ПЧД, преобразующего интегральный световой поток в электрический сигнал. Электрический сигнал, соответствующий температуре нагретой заготовки, усиливается и линейризуется вторичным измерительным преобразователем ПВВ-3, с выхода которого снимают напряжение от 0 до 10 В, пропорциональное изменению температуры от 600 до 1300 °С. Выходное напряжение ПВВ-3 подается на вход АРРИН-2М через блок согласования БС.

Блок согласования БС представляет собой преобразователь выходного напряжения ПВВ-3 в изменяемое по линейному закону электрическое сопротивление, регулирующее входной ток АРРИН-2М пропорционально изменению измеряемой температуры.

Поступающий на вход АРРИН-2М через БС электрический сигнал усиливается и управляет работой выходного тиристорного ключа АРРИН-2М, регулирующего уровень управляющего напряжения тиратронов ГТВЧ.

Принцип регулирования подаваемой на нагреваемую заготовку мощности заключается в том, что при повышении температуры в диапазоне 600...1300 °С выходное напряжение регулятора АРРИН-2М, а, следовательно, и подводимая к индуктору ГТВЧ мощность снижается.

Продолжительность изотермической выдержки устанавливается с помощью реле времени РВ, управляемого реле уровня РУ выходного сигнала ПВВ-3 АПИР-С.

Выводы.

В результате анализа технологических особенностей процесса центробежной индукционной наплавки порошковых покрытий на внутренние поверхности полых цилиндрических заготовок при нагреве наружным индуктором тока высокой частоты показано, что наиболее рациональным является поддержание заданной температуры плавления порошка путем пирометрического контроля температуры наружной поверхности заготовки и регулирования мощности нагрева. Разработана система контроля и регулирования температуры в процессе центробежной индукционной наплавки.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белявин, К.Е. Индукционное упрочнение быстроизнашивающихся деталей узлов трения порошковыми покрытиями / К.Е. Белявин, И.А. Сосновский, А.Л. Худoley // Актуальные проблемы прочности: монография. В 2-х т. Т. 1 / под ред. В.В. Рубаника. – Витебск: УО «ВГТУ», 2018. – Гл. 15. – С. 272 – 290.
2. Gafo, Yu.N. Thermal parameters for centrifugal induction sintering of powder coatings / Yu.N. Gafo, I.A. Sosnovskij // Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol.48, Numbers 1-2, Springer New York, New York. 2009. – P.105 – 111.
3. Сосновский, И. А. Технология индукционного нагрева в процессах центробежного нанесения покрытий / И.А. Сосновский, К.Е. Белявин, А.Л. Худoley. - Перспективные материалы и технологии / Под редакцией В. В. Клубовича. В 2-х томах. Т.1. – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2015. – Гл. 17. – С. 300 – 313.
4. Устройство для нанесения покрытий из металлических порошков на внутренние поверхности деталей: пат. 8558 Респ. Беларусь, МПК В 22 F 7/04 / И.А. Сосновский [и др.]; заявитель ОИМ НАНБ. - № u 20120198; заявл. 27.02.12; опубл. 30.10.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. - № 5. – С. 192.

УДК 681.5:004.9

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Новичихин Р.В., Журавлёва Е.Р.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Сдерживающим фактором широкого применения промышленных роботов (ПР) наряду с прочими является их потенциальная опасность для персонала.

По сравнению с другим стационарным оборудованием ПР является источником повышенной опасности по следующим причинам:

- принципиально работает вне зоны своих установочных размеров;
- не имеет постоянной конфигурации и предсказуемых траекторий перемещения;
- переносимые детали могут выпасть из схвата;
- манипулируемые инструменты сами по себе часто опасны (сварочные, окрасочные, сверлильные и пр.);
- манипулятор может иметь большие массу, скорость и ускорение;
- возможны несанкционированные движения, вызванные ошибками или сбоями управляющей программы;
- наладчик практически всегда работает в зоне досягаемости манипулятора.