

КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКАМИ ИНДУКЦИОННОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ

Э.В. Гайлевич, И.И. Вегера, А.В. Зизико

Физико-технический институт НАН Беларуси
г. Минск, Республика Беларусь

В работе описана автоматизированная система управления установками индукционной термообработки. Рассмотрены необходимые требования к системе с учетом технологических требований. Описан принцип работы разрабатываемой системы, рассмотрены ее основные элементы, указаны основные преимущества.

Ключевые слова: индукционный нагрев, система управления, автоматизация, термообработка

MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM CONCEPTUAL DESIGN OF INDUCTION HEAT PROCESSING INSTALLATION

E.V. Gailevich, I.I. Vegera, A.V. Zizico

Physical-technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Republic of Belarus

The study describes the management information system conceptual design of induction heat processing installation. The system requirements have been considered with account for production requirements. The operation principle of the System under Discussion is described, its core elements are analysed, its primary benefits major advantages are specified.

Keywords: inductive heating, management system, automation, heat processing

E-mail: emil0504@mail.ru

Введение

В настоящее время перед промышленностью остро стоит проблема выпуска качественной и конкурентоспособной продукции. Требования качества в полной мере относятся и к процессам термообработки изделий, которые играют очень важную роль в обеспечении технологических и эксплуатационных свойств деталей.

Современные комплексы индукционного нагрева должны включать в себя: преобразователь частоты на основе силовых тиристорных или транзисторных IGBT моду-

лей; систему механизации для вращения и перемещения детали относительно индуктора; станцию охлаждения и подготовки закалочной жидкости; микропроцессорный программируемый блок системы управления и контроля параметрами оборудования и технологического процесса; комплект оснастки для термообработки определенной номенклатуры деталей. При создании данного оборудования используются следующие технологии V технологического уклада: информационно-коммуникационные технологии и разработка программного обеспечения; микроэлектроника и радиоэлектронная промышленность; роботостроение, приборостроение и вычислительная техника.

В настоящее время в различных отраслях металлургической и машиностроительной промышленности широко применяются установки индукционного нагрева. Однако износ данных установок в большинстве случаев составляет 100 %, и система управления на них реализована на морально устаревших релейных схемах. В совокупности, нагрев деталей на этих установках не удовлетворяет современным требованиям энергоэффективности и качества изделий. С целью совершенствования установок индукционного нагрева, помимо технической части, выполняется разработка современных систем автоматизированного управления процессами подачи и нагрева. Разрабатываемое программное обеспечение должно иметь гибкую механику настроек для высокоточной реализации различных режимов работы установки, интуитивно понятный интерфейс для оптимального контакта рабочего персонала (оператора) и устройства, механика и органы управления должны быть легкодоступны для обслуживания и управления.

При проведении индукционной термообработки цилиндрических стальных изделий применяют одновременный или непрерывно-последовательный режимы нагрева. При одновременном режиме полный нагрев всей зоны детали, заданный под термообработку. Зона нагрева может покрывать всю поверхность детали или ее часть. При данном режиме температура расчет по всей поверхности одновременно. Деталь же остается неподвижной, а охлаждение производится при помощи спреера после достижения заданной температуры и необходимой выдержки. Одновременный способ нагрева, как правило, применяется для нагрева локальных участков относительно небольших деталей. Еще одной особенностью применения данного способа нагрева является соизмеримость установленной мощности преобразователя частоты и потребляемой мощности индуктора, затрачиваемой для нагрева заданной области детали. В том случае, когда установленной мощности преобразователя недостаточно для одновременного нагрева, применяют непрерывно-последовательный способ нагрева [1].

Разработка и анализ результатов

При непрерывно-последовательном режиме термообработки индуктор и деталь производят перемещения относительно друг друга. Поэтому в каждый определенный момент времени нагретой является узкая полоса поверхности, выходящая из индуктора. При этом охлаждение данной поверхности следует сразу после нагрева. Непрерывно-последовательный способ термообработки применяют для поверхностной закалки заготовок на определенную глубину, которая зависит от частоты преобразователя и от скорости перемещения детали относительно индуктора.

Исходя из данных способов нагрева были разработаны и изготовлены макеты универсальных автоматизированных индукционных установок для нагрева деталей и полуфабрикатов под различные технологические операции. Внешний вид индукционной установки позволяющей осуществлять нагрев, перемещение и вращение деталей до 1 метра с регулируемыми скоростями в вертикальном положении представлен на рис. 1.

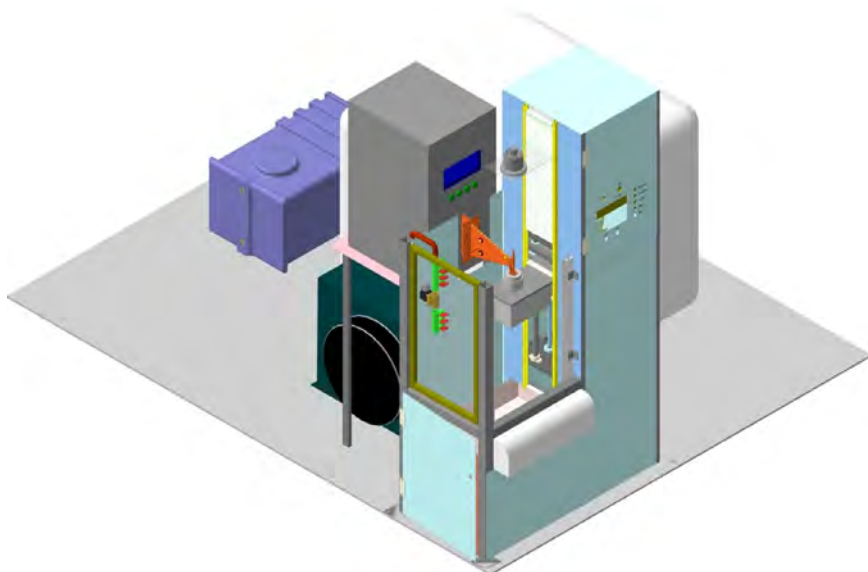


Рис. 1. Макет автоматизированной установки индукционного нагрева

Основными элементами данной индукционной установки являются: блок преобразователя, механизм перемещения и вращения детали, система охлаждения и подготовки закалочной жидкости, система управления и контроля.

Для контроля и регулирования параметрами и режимами работы установки была разработана система управления на базе программируемого логического контроллера (далее ПЛК). ПЛК – это программно управляемый дискретный автомат, имеющий некоторое множество входов, подключенных посредством датчиков к объекту управления, и множеством выходов, подключенным к исполнительным устройствам. Современные программируемые логические контроллеры способны выполнять цифровую обработку сигналов, управление приводами, регулирование, функции операторского управления и т.д. [2].

Основными параметрами программируемых логических контроллеров являются количество и тип входов и выходов, параметры вычислительных ресурсов (процессор, ОЗУ, Flash-память), время реакции, количество и тип интерфейсов связи, наличие и скорость работы быстрых входов и выходов, поддерживаемые языки программирования, конструктивное исполнение (моноблочные, модульные, распределенные).

Стандартный программируемый логический контроллер включает в себя центральный процессор, память, сетевые интерфейсы и устройства ввода-вывода. Процессорный модуль состоит из микропроцессора, часов реального времени, запоминающего устройства и сторожевого таймера. Типовая архитектура программируемого логического контроллера показана на рис. 2 [3].

В качестве языков программирования для программируемых логических контроллеров выступают стандартизированные языки МЭК стандарта IEC61131-3, которые в свою очередь подразделяются на графические и текстовые. К графическим относятся такие языки программирования, как LD (Ladder Diagramm – Язык релейных диаграмм), FBD (Function Block Diagram – Язык функциональных блоковых диаграмм), SFC (Sequential Function Chart – Язык последовательных функциональных схем), CFC (Continuous Function Chart – Язык непрерывных функциональных схем). Текстовыми языками программирования являются IL (Instruction List – Список инструкций), ST (Structured Text – Структурированный текст). В настоящее время самым распространенным языком программирования программируемых логических контроллеров является язык релейных диаграмм LD.

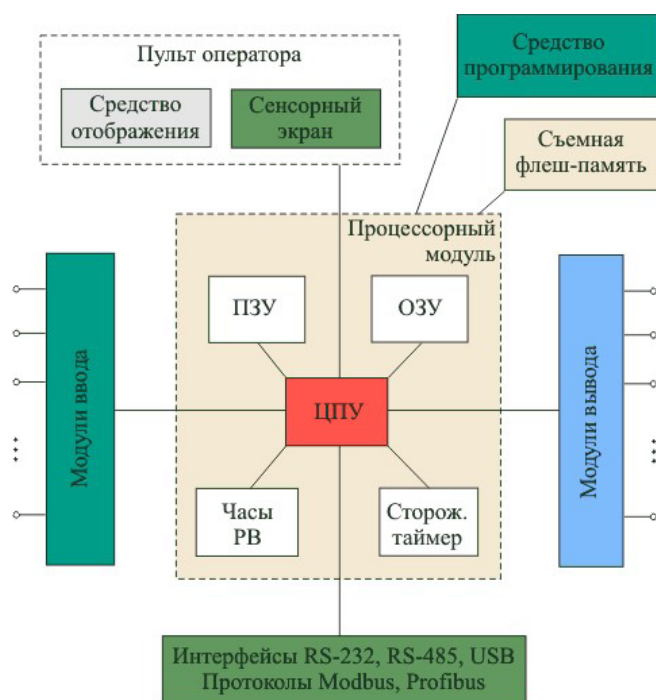


Рис. 2. Типовая архитектура программируемого логического контроллера

В качестве средства управления, визуализации и индикации параметров работы установки широко применяются панели оператора. Панели оператора обеспечивают человеко-машинный интерфейс, т.е. диалог между машиной и оператором. Они предоставляют прямой доступ к ряду необходимых данных, позволяют отслеживать и при необходимости воздействовать на параметры процесса. При этом воздействия производятся посредством сенсорного экрана с простым и интуитивным интерфейсом. Современные панели оператора являются полноценными самостоятельными устройствами, в некоторых случаях с уже встроенными в их состав модулями программируемого логического контроллера, входами/выходами, Ethernet, интерфейсов для подключения периферийных устройств и т.д.

Для перемещения детали относительно индуктора в разработанной установке применялись шаговые двигатели со встроенным энкодером. Данные исполнительные устройства позволяют производить точные перемещения детали относительно индуктора, быстрые начало движения и остановку. Для вращения деталей был выбран асинхронный двигатель, управляемый частотным преобразователем. В данном случае отслеживание положения ротора двигателя системой управления не выполняется. Регулируется частота вращения детали во время процесса термообработки или нагрева.

В состав оборудования входит станция охлаждения и подготовки охлаждающей жидкости, позволяющая использовать по выбору несколько охлаждающих сред в зависимости от типа детали и марки стали, из которой она изготовлена. Для каждой детали проектируются и изготавливаются нагревательные элементы индуктора, которые позволяют создавать необходимый градиент свойств на поверхности детали в той локальной зоне, в которой это необходимо.

Разработанная система управления позволяет не только регистрировать и гибко управлять параметрами оборудования, но и в широких пределах контролировать и изменять различные технологические режимы обработки деталей. Так система управления позволяет реализовать следующие основные режимы работы установки: ручной, автоматический и режим наладки.

В ручном режиме производится непосредственное управление отдельными операциями перемещения и вращения детали, нагрева и охлаждения, а также их индикация на панели оператора и панели управления. Окно ручного режима панели оператора представлено на рис. 3.

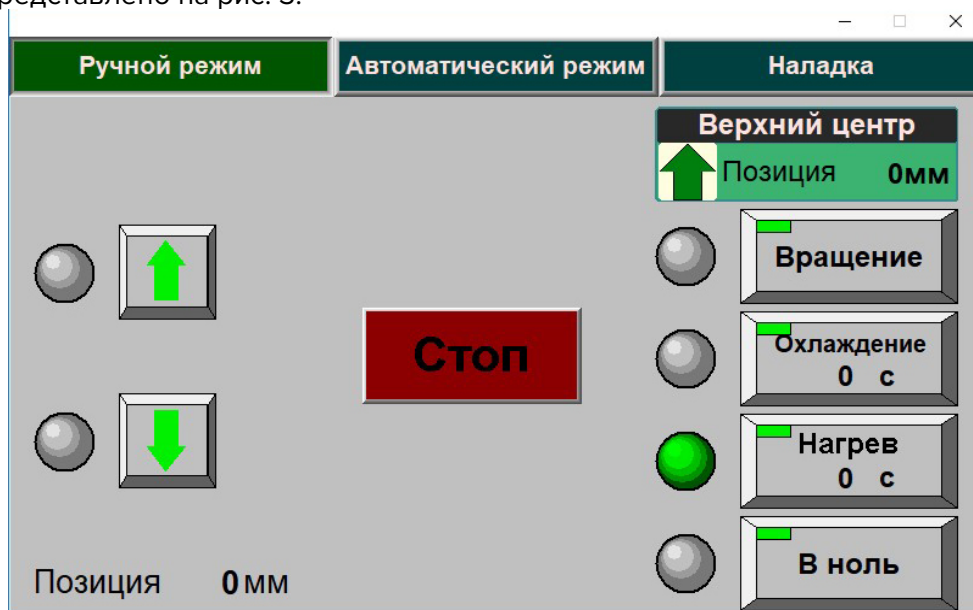


Рис. 3. Окно ручного режима панели оператора

Автоматический режим работы предназначен для воспроизведения рабочего цикла с ранее запрограммированными параметрами. На экране автоматического режима заблокирована возможность управления отдельными исполнительными механизмами, существует возможность запуска и остановки автоматического рабочего цикла, индикация выполняемых в данный момент времени технологических операций, отображение позиции детали относительно нулевого концевого датчика, счетчик обработанных деталей. Окно автоматического режима панели оператора представлено на рис. 4.



Рис. 4. Окно автоматического режима панели оператора

В ручном и автоматическом режимах реализовано независимое управление перемещением верхнего центра, его вывод в позицию для установки детали по заранее запрограммированному значению и индикация состояния (зажатие детали, перемещение, выход в исходную позицию).

В режиме наладки осуществлена возможность ввода параметров технологии нагрева, таких как точки позиции смены детали, начала нагрева, начала охлаждения, окончания нагрева, окончания охлаждения, время предварительного нагрева, мощность преобразователя ТВЧ и время охлаждения без перемещения, возможность автовозврата в точку начала работы, скорость перемещения заготовки, скорость вращения заготовки. Для нагрева крупногабаритных деталей реализован контроль зажатия верхнего центра, а также возможность его автоматического вывода в начале работы в позицию для установки детали в рабочее положение. В целях эргономики присутствует функция копирования положения детали непосредственно в необходимый параметр. Окна наладки автоматического рабочего цикла представлены на рис. 5.

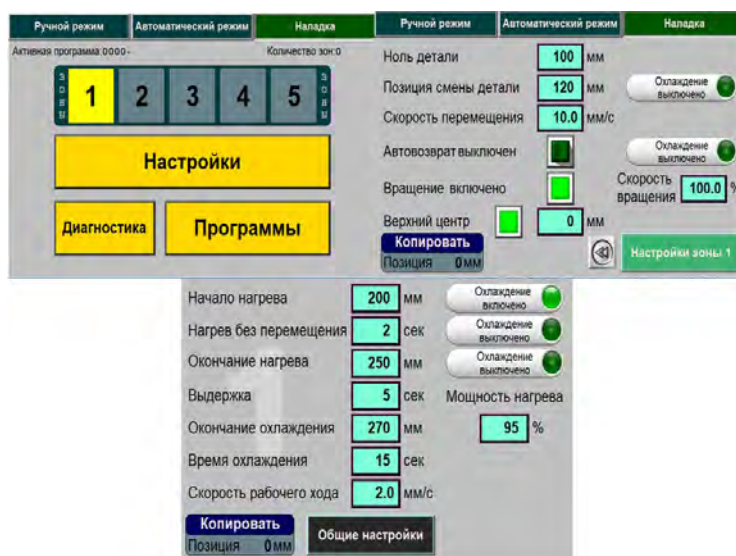


Рис. 5. Окна наладки рабочего цикла

Разработанная система управления позволяет производить нагрев и термообработку до пяти зон за один рабочий цикл. Каждая из зон отличается положением обрабатываемых участков, временами нагрева и охлаждения, скоростью перемещения детали относительно индуктора, мощностью генератора ТВЧ.

Также поддерживается возможность задания скорости перемещения и вращения детали в разных единицах (мм/с, мм/мин и т.д.). На лицевой стороне панели управления продублированы все кнопки и индикаторы с панели оператора, такие как кнопки включения и отключения автоматического режима, нагрева, охлаждения, вращения, перемещения и аварийный стоп. Отслеживание текущего положения механизма перемещения реализовано в виде обратной связи с энкодера шагового двигателя.

Для регулирования диапазона перемещения детали на установке установлены индуктивные бесконтактные датчики. Также система отслеживает необходимое количество жидкости для охлаждения блока преобразователя, индуктора и заготовки при помощи датчиков уровня и реле давления жидкости установленного в баке. Кроме того, регистрируется температура охлаждающей жидкости и осуществляется ее корректировка при помощи охлаждения либо подогрева для обеспечения повторяемости получаемых свойств детали, прежде всего, твердости поверхности.

Параметры нагрева контролируются при помощи пирометра. Температура нагрева детали регулируется скоростью перемещения заготовки относительно индуктора и значением тока генератора ТВЧ. Реализация процессов непрерывно-последовательного либо одновременного нагрева достигается установкой параметров в режиме наладки, таких как положение основных рабочих точек, момента включения подачи охлаждающей жидкости, время выдержки нагрева и охлаждения без перемещения заготовки. Все параметры и режимы нагрева, а так же контролируемого охлаждения записываются и сохраняются на USB-носитель для последующего анализа и обработки данных.

В результате проведения работы была разработана и внедрена универсальная автоматизированная система управления индукционной установкой для различных операций нагрева и термообработки. Она обеспечивает необходимую точность и скорость работы, обладает возможностями необходимыми для производственной и научно-исследовательской деятельности.

Заключение

Разработана система управления, позволяющая реализовывать следующие основные режимы работы установки: ручной, автоматический и режим наладки для одновременного и непрерывно-последовательного способов индукционного нагрева. Система управления дает возможность управлять следующими параметрами нагрева: точки начала работы, начала нагрева, начала охлаждения, окончания нагрева, окончания охлаждения, время нагрева и охлаждения без перемещения, автовозврат в точку начала работы, скорость перемещения детали, скорость вращения детали. В системе управления реализована возможность обратной связи с целью регулирования параметров работы оборудования в зависимости от изменения параметров технологии нагрева, таких как температура детали, температура, проток и давления охлаждающей среды. Все параметры и режимы нагрева, а также контролируемого охлаждения записываются и сохраняются на USB-носитель для последующего анализа и обработки данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок. 2-е изд. / А.Н. Шамов, В.А. Бодажков. – Ленинград: «Машиностроение», 1974 г. – 280 с.: ил.
2. Петров, И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И. В. Петров; под ред. проф. В. П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с., ил.
3. Энциклопедия АСУ ТП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bookasutp.ru/>.

REFERENCES

1. Shamov A.N., Bodazhkov V.A. *Proyektirovaniye i ekspluatatsiya vysokochastotnykh ustanovok* [Design and operation of high-frequency installations]. 2-ye izd. / Leningrad: «Mashinostroyeniye», 1974. – 280 p.: il. (In Russian)
2. Petrov, I. V. *Programmuyemyye kontrollery. Standartnyye yazyki i priyemy prikladnogo proyektirovaniya* [Programmable controllers. Standard languages and techniques for applied design]. red. V. P. D'yakonov. – Moscow: SOLON-Press, 2004. – 256 s., il. (In Russian)
3. *Entsiklopediya ASU TP*. <http://www.bookasutp.ru/>. (In Russian)

Статья поступила в редакцию в окончательном варианте 15.05.18