

– поддержание необходимого уровня температур и давлений в течение времени, достаточного для завершения физико-химических превращений в расплавленном слое и обеспечивающего синтез новых структурно-фазовых элементов;

– жидкофазное перемешивание легирующих элементов с элементами подложки в расплавленном слое под действием высокого давления плазменного потока;

– высокоскоростное охлаждение модифицированного слоя материала в присутствии электрических и магнитных полей, наведенных выносными токами, текущими вдоль потока вследствие вмороженности магнитного поля в плазму.

Управление параметрами процесса, такими как состав плазмы, длительность воздействия, скорость плазмы, ее температура и давление, позволяет получать новые структурно-фазовые состояния материала с физико-механическими характеристиками, представляющими интерес для практических применений.

УДК 536.46

Вегера И.И., Польшаев А.В.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЕ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

ФТИ НАН Беларуси, Минск

The results and analysis of the research activities performed by Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences in the field of development of efficient technologies for strengthening mechanical engineering parts and units have been presented. It has been shown that there are good prospects for application of the resource saving technologies based on high-energy electrical physical methods of material high-speed induction processing. The research works have found their practical application in many industries and contribute to increasing of the competitiveness

of the products manufactured by Belarusian enterprises and to extending of their export potential.

ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси» в рамках Программы технического переоснащения и модернизации литейных, термических гальванических и других энергоемких производств на 2010-2015 годы, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь, является головной организацией по научно-техническому сопровождению программы переоснащения промышленных предприятий использующих индукционное оборудование. В суммарном потреблении тепло- и энергоресурсов, доля производств с применением операций нагрева в газовых, электрических печах и индукционных установках составляет свыше 10%, причем процессы с использованием индукционного нагрева занимают менее 1%. Применение индукционного нагрева имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными нагревательными устройствами. Это, прежде всего, высокий к.п.д. 90-97%, компактность индукционных установок, позволяющих встраивать их в линии механической обработки, высокая производительность операций нагрева, формирование на поверхности деталей термически упрочненных слоев, обеспечивающих повышение эксплуатационных характеристик и специальных свойств. Следует отметить, что индукционный нагрев чаще всего применяют при проведении операцийковки, штамповки, прессования, объемной и поверхностной термической обработки металлов и сплавов. Однако необходимо отметить, что темпы расширения области применения индукционного нагрева сдерживаются проблемами приобретения современного оборудования, необходимостью разработки или корректировки технологических процессов, позволяющих обеспечить высокое качество выпускаемой продукции и снижения себестоимости. Не менее остро в Республике стоят проблемы замены или модернизации

оборудования, нагревательных устройств, совершенствования технологических процессов термической обработки.

На сегодняшний день на промышленных предприятиях Республики Беларусь в наличии находится и используется более 1000 индукционных установок, причем около 70% которых имеют 100% износ. Поэтому в настоящее время перед промышленными предприятиями стоит очень важная задача по модернизации и замене имеющегося индукционного оборудования выработавшего свой ресурс. При этом речь должна идти не о замене физически изношенного, а о приобретении современного оборудования нового поколения к которому относятся установки на транзисторных или тиристорных модулях. Они имеют более высокий к.п.д. (выше 95 %) по сравнению с машинными (к.п.д. 75 %) и ламповыми (к.п.д. 70 %), меньшие размеры (от 1/3 до 1/10 объема ламповых генераторов), большой срок службы силовых транзисторов и тиристоров (при сроке службы генераторных ламп от 4000 до 6000 часов), низкий расход охлаждающей воды.

Второй не менее важной задачей является разработка новых перспективных технологий индукционной термической обработки различных деталей и заготовок для замены устаревших энергозатратных технологий печного нагрева.

Для решения данных задач в ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси» в 2011 году под руководством академика Гордиенко А.И. создан НИЦ «Индукционных технологий и проблем термической обработки».

Основными направлениями деятельности Центра, являются:

1. Разработка и изготовления высокочастотных генераторов в модульном исполнении с частотой от 2,4 кГц до 60 кГц и мощностью до 1200 кВт.

2. Разработка и изготовления автоматизированных установок индукционного нагрева для термообработки и нагрева под деформацию металлов и сплавов.

3. Разработка и изготовление вспомогательного оборудования для индукционного нагрева (закалочные, согласующие трансформаторы, индуктора).

4. Разработка технологий индукционного нагрева.

5. Разработка системы управления индукционным термическим оборудованием на базе современных промышленных контроллеров.

6. Сертификация, монтаж и наладка оборудования индукционного нагрева.

В 2012 году в рамках ГНТП «Технологии и оборудование машиностроения» (подпрограммы «Технологии машиностроения») ФТИ НАН Беларуси совместно с ОАО «МАЗ» выполнены работы по созданию энергосберегающей технологии и комплекса автоматизированного индукционного оборудования для нагрева под пластическую деформацию на горизонтально-ковочной машине. Комплекс предназначен для замены газовой печи, используемой в настоящее время в кузнечном цеху ОАО «МАЗ» для нагрева заготовок диаметром 40-50 мм до температуры 1150-1250⁰С с последующей деформацией на горизонтально-ковочной машине и получения детали типа кулак разжимной и полуось. Технико-экономические расчеты показали, что при замене газового нагрева на индукционный и повышение к.п.д. нагрева с 30-40% (к.п.д. печи) до 95-97% (к.п.д. комплекса) экономия энергоносителей составит 3,8 раза. Кроме того будет достигнуто повышение качества нагрева за счет исключения обезуглероживания и угара металла. Полная автоматизация технологии нагрева и подачи заготовок позволит увеличить производительность труда не менее чем на 20%. Окупаемость комплекса оборудования составит около 3 лет. Начиная с 2014 года по данной технологии будет выпускаться около 400 000 деталей в год на сумму около 130 млн. долларов. Разработанный комплекс индукционного оборудования включает в себя: транзисторно-тиристорный преобразователь частоты, нагревательную установку с полной

автоматизацией, программируемый блок системы управления и контроля. Принцип работы комплекса представлен на функциональной схеме (рисунок 1). Заготовки помещаются на механизм загрузки и поштучно передвигаются до механизма заталкивания где с помощью пневмоцилиндров заталкиваются в индуктора на глубину 250-300 мм. (3 независимых позиции нагрева). В индукторе происходит нагрев конца заготовки до температуры 1200-1250⁰С, контроль температуры осуществляется с помощью пирометра. По достижению заданной температуры заготовки выталкиваются на механизм выгрузки к рабочему месту оператора горизонтально-ковочной машины для дальнейшей пластической деформации. Заготовки выдаются с темпом от 12 до 20 секунд в зависимости от настроек системы управления.

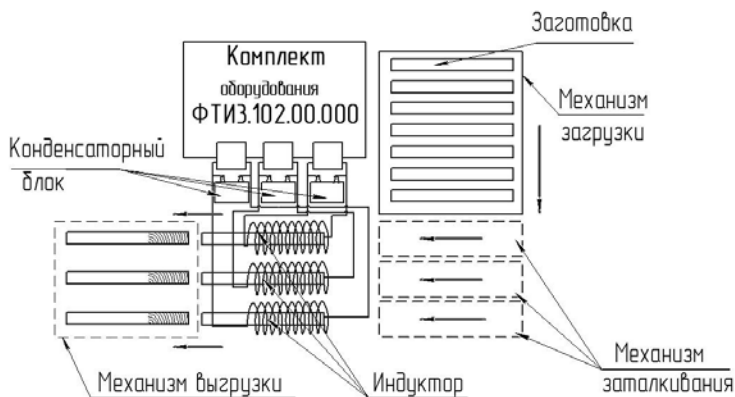


Рисунок 1 – Функциональная схема комплекса.

В связи с проведением модернизации кузнечных и термических цехов на промышленных предприятиях Республики Беларусь и отказа от использования природного газа, имеется большая потребность в изготовлении подобных комплексов. Заинтересованность во внедрении данных комплексов выражают такие предприятия как РУП «МТЗ», ПО «Гомсельмаш», ОАО «КЗТШ» и другие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордиенко, А.И. Обработка изделий машиностроения с применением индукционного нагрева / А.И. Гордиенко [и др.]. – Минск: Беларус. Навука. – 2009. – 287 с.
2. Актуальные проблемы прочности / Под редакцией В.В. Клубовича. – Витебск: Из-во УО «ВГТУ», 2010. – 435 с.

УДК 621

Гладкий В.Ю., Комаровская В.М.

УСТАНОВКА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ТЕРМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ ПРИ ПОМОЩИ КОЛЬЦЕВОГО СОПЛА

БНТУ, Минск

Рассмотрим краткое описание работы установки. Процесс испарения и процесс осаждения проводят в двух различных камерах (рисунок 1), в камере испарения размещают источник испарения, находящийся в водоохлаждаемом тигле, позволяющем осуществлять непрерывную подачу испаряемого материала, и средства для создания электронного луча, причем давление в камере поддерживают в диапазоне от 10^{-4} до 10^{-1} Па.

В камере осаждения помещают изделие. Давление в камере от 10^{-1} Па до атмосферного, при этом камера испарения и камера осаждения соединены отверстием и отверстие расположено так, что поток пара материала проходит сквозь отверстие из камеры испарения в камеру осаждения. В камере осаждения вокруг указанного отверстия создают кольцевую сверхзвуковую струю газа, причем параметры струи выбирают такими, что поток газа из камеры осаждения в камеру испарения отсутствует. Материал испаряется с помощью электронного луча. Осаждение идёт на поверхности одного или нескольких изделий. Данный метод позволяет повысить коэффициент использования материала благодаря тому, что поток газа, окружающий со всех сторон пар материала в камере