

раствор этиленгликоля. Функционально вторичный контур предназначен для охлаждения транзисторов инвертора и магнитопровода согласующего трансформатора. Наивысшая температура воды на входе из охлаждаемого устройства не выше +60°C, что не ухудшает рабочие режимы как силовых транзисторов, так и трансформатора. Расчетная тепловая мощность блока охлаждения не менее 15 кВт. Гидравлическая схема блока охлаждения представлена на рис. 3.

Датчики температуры (реле максимально допустимой температуры) установлены непосредственно на охлаждаемых модулях.

Использование современных принципов конструирования преобразовательных устройств (разработка документации производится посредством программы 3D графики «КОМПАС») позволяет значительно снизить массогабаритные показатели, сократить сроки разработки и изготовления преобразовательного оборудования.

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ИНДУКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛИННОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА РУП «МАЗ»

*Гурченко П.С., Михлюк А.И., Летунович В.Е.
Минский автомобильный завод*

Введение. Термическая обработка деталей и изделий нестандартной формы и размеров всегда вызывала определенные трудности, связанные прежде всего с их размерами. Для термической обработки таких деталей автомобилей, как полуось, разжимной кулак, вал стабилизатора тележки заднего моста и другие, имеющие хотя бы один размер, значительно отличающийся от других требуется специальное оборудование, приспособления. В условиях современного производства при выпуске широкой номенклатуры продукции крайне нецелесообразно и экономически невыгодно использовать специальное термическое печное оборудование. Поэтому индукционная термическая обработка таких деталей и изделий, а это в первую очередь длинномерные, зачастую является наиболее выгодной с технической и экономической стороны.

Проблема термообработки данного типа изделий заключается не в оригинальности технологических режимов. В данном случае технология, тип индукционного нагрева, вид упрочняемой поверхности не являются оригинальными. Главным отличием этих разработок является конструкция оборудования, связанная с размерами детали или изделия.

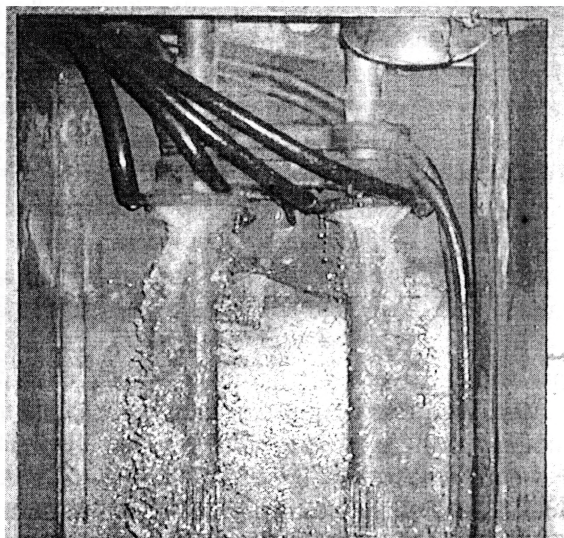
На РУП «МАЗ» накоплен определенный опыт использования индукционного нагрева и конструирования устройств для термообработки длинномерных изделий. Все разработанные и внедренные установки для длинномерных деталей

можно разбить на две большие группы — установки для индукционной закалки деталей и установки индукционного нагрева изделий.

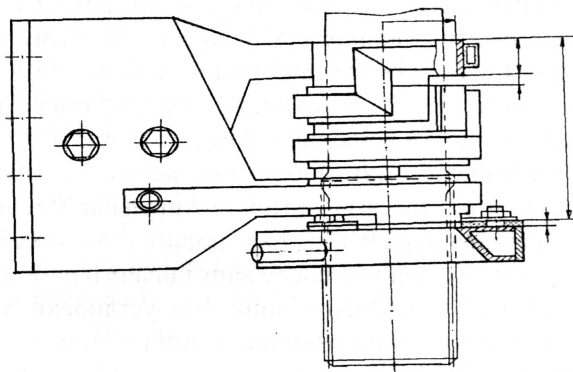
Индукционная закалка длинномерных деталей. Разработан и внедрен ряд установок ТВЧ для закалки длинномерных деталей, в частности полуось автомобиля, картер заднего моста, направляющие станин металлорежущих станков. Так полуоси ведущего моста автомобилей МАЗ всех типоразмеров изготавливают из сталей 40Х, 40ХН, 35ХГСА и подвергают поверхностной индукционной закалке непрерывно-последовательным способом на специальной установке. Для выполнения закалки полуосей была модернизирована установка ТВЧ конструкции АЗЛК. В результате модернизации удалось увеличить длину закаливаемых деталей до 1200 мм. В процессе работы на установке строго соблюдают отлаженные режимы закалки и охлаждения. При этом режимы нагрева контролируют по электрическим параметрам преобразователя, а режим охлаждения — по давлению и температуре охлаждающей воды, подаваемой на спрейер. Нагрев выполняют двухвитковым индуктором от преобразователя частоты ППЧВ-250/2400, мощностью 250 кВт и частотой 2400 Гц. Охлаждение при закалке осуществляют специальным спрейером, закрепленным к нижнему витку индуктора. Контроль позволяет соблюдать отлаженные параметры закалки: толщину закаленного слоя 5,0–8,0 мм по всей длине и твердость поверхности 50–54 HRC. На

расстоянии 10–15 мм от обоих концов выдерживаются переходные зоны с заниженной твердостью и толщиной закаленного слоя, что обеспечивает отсутствие закалочных трещин. Для этого была разработана и смонтирована на станке специальная электросхема, позволяющая обеспечивать переходные зоны ТВЧ.

Фотография процесса закалки полуосей и индуктор для закалки полуосей со спрейером представлены на рис. 1.



а



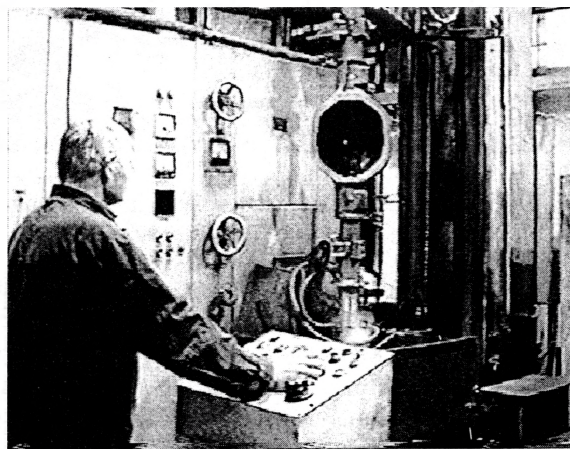
б

Рис. 1. Установка для закалки полуосей автомобилей МАЗ: а — индуктор во время закалки на установке ТВЧ; б — чертеж индуктора

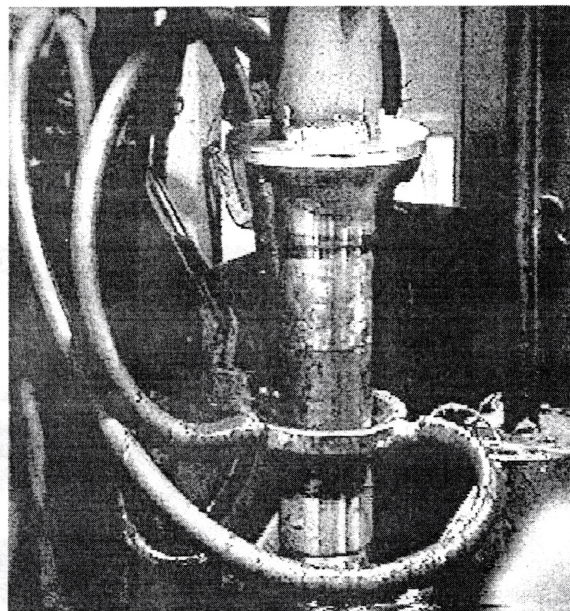
Освоена закалка ТВЧ цапф картера заднего моста в сборе среднетоннажных автомобилей семейства МАЗ-4370. Основной задачей при разработке данной технологии было обеспечение закалки ТВЧ с минимальными деформациями.

Для решения данной задачи совместно специалистами лаборатории электронагрева и управления главного конструктора по механизации и автоматизации была разработана установка ТВЧ

для закалки длинномерных деталей с длиной закаливаемых деталей от 2 метров до 2,5 метров. Схема работы установки следующая: расположение деля вертикальное, индуктор неподвижный, деталь перемещается и вращается в центрах, закалочная среда вода техническая. Рабочий цикл установки производится в автоматическом режиме. На рис 2,а представлена вышеописанная установка при закалке картера 4370-2401012, на рис. 2,б, индуктор и закаливаемая поверхность крупным планом.



а



б

Рис. 2. Установка ТВЧ для закалки картера моста автомобиля МАЗ: а — закалка картера моста автомобиля МАЗ 4370; б — индуктор и закаливаемая цапфа картера

Для закалки картера заднего моста автомобилей МАЗ основного семейства была приобретена индукционная установка фирмы «Termatascina»;

(Италия). На рис. 3 показан общий вид установки в процессе работы, а на рис 4 нагреваемая поверхность галтели цапфы картера.

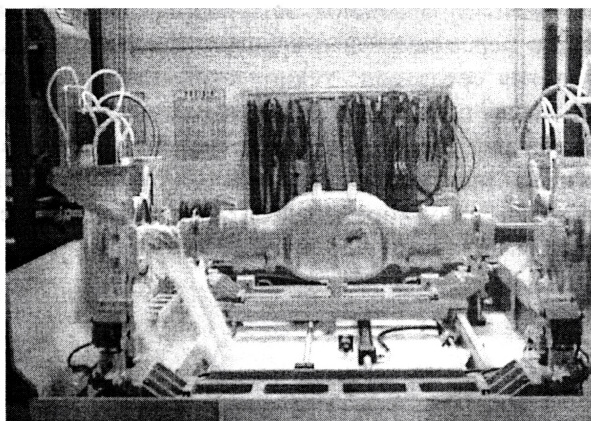


Рис. 3. Общий вид индукционной установки фирмы «Тертатасчина» (Италия) для закалки картера моста автомобиля семейства МА3 5440

Установка обеспечивает поочередную закалку каждой цапфы от транзисторного генератора ТВЧ мощностью 200 кВт, частотой 10,0 кГц. Картер при этом располагается горизонтально, установка имеет две подвижные индукционные головки, на которых установлены индуктора со спрейерами, которые выполнены отдельно от индуктора. В качестве охлаждающей жидкости применяется специальный раствор. Работа установки осуществляется в автоматическом режиме. Задача оператора заключается в установке картера на позицию загрузки. Далее нажатием кнопки «Пуск» производится закалка картера в автоматическом режиме.

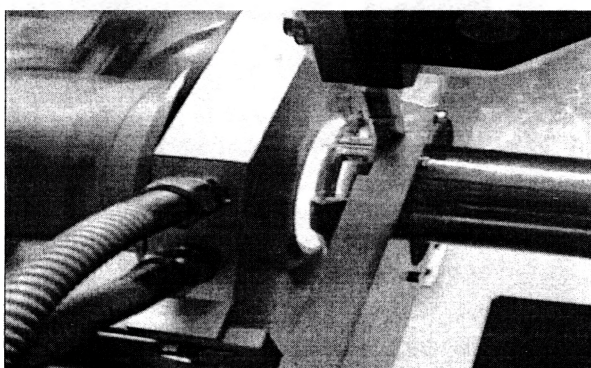


Рис. 4. Нагрев галтели картера цапфы на установке фирмы «Тертатасчина»

Установка обеспечивает закалку одного картера в течение 350–360 сек. Твердость поверхности на стали 30ХГСА 46–54 HRC, глубина слоя ТВЧ 2–8 мм. Установка укомплектована компьютером и имеет систему управления. С помощью ПК производится управление и контроль программы управления производственными параметрами.

Программное обеспечение управления производственными параметрами при выполнении операций закалки позволяет обеспечить получение наиболее значимых параметров.

Текущего напряжения генератора, тока генератора, температуры внутри корпуса турбины, температуры вне корпуса турбины.

Кроме того, выполняется проверка того, удерживаются ли данные параметры в допустимых пределах, устанавливаемых пользователем в зависимости от определенной детали, которая определяется как «эталонный образец».

Программа позволяет занести в память несколько эталонных образцов и соответствующие значения их физических параметров и впоследствии выбирать их. Имеется опция распечатки на бумаге хода исполнения графиков производства и допусков.

Важное значение имеет термическая обработка при ремонте металлорежущего оборудования. Одним из важных показателей работоспособности металлорежущего станка является износ направляющих станин, изготавливаемых из серого чугуна. На станкостроительных заводах направляющие станков подвергают закалке ТВЧ. Но в процессе интенсивной эксплуатации оборудования закаленный поверхностный слой направляющей глубиной 1,5–2,5 мм изнашивается, а последующая шлифовка при капитальном ремонте его практически полностью убирает. Поэтому направляющие станин после капитального ремонта не могут по своей точности, износостойкости и долговечности конкурировать с новыми.

На Минском автомобильном заводе разработана, изготовлена и внедрена специальная установка для закалки ТВЧ направляющих станин металлорежущих станков после капитального ремонта.

На рис. 5 показан общий вид установки ТВЧ для закалки направляющих станин металлорежущих станков.

Установка производит закалку направляющих различных профилей станин длиной до 6 метров. В качестве источника ТВЧ используют машинный преобразователь ВПЧ-100/8000 мощностью 100 кВт и частотой 8000 Гц. Твердость закаленной станины после термообработки составляет 46–52 HRC, глубина закаленного слоя составляет 1,5–3,5 мм.

В состав установки входит: рама, на которой смонтирован привод, подвижный стол, установленный на рельсовой тележке, бак для сбора охлаждающей воды и радиально-сверлильный станок с установленным на нем закалочным транс-

форматором и пускорегулирующей аппаратурой. Управление установкой осуществляется с пульта управления. С помощью привода и подвижного стола, на который устанавливается закаливаемая станина, обеспечивается необходимая скорость её перемещения при закалке. С помощью механизмов вертикально-горизонтального перемещения станка обеспечивается подвод индуктора к закаливаемой станине с необходимой точностью.

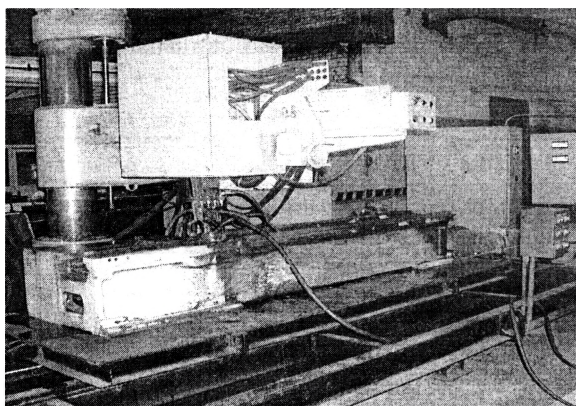


Рис. 5. Индукционная установка для закалки ТВЧ направляющих станин металлорежущих станков

Индукционный нагрев длинномерных изделий.

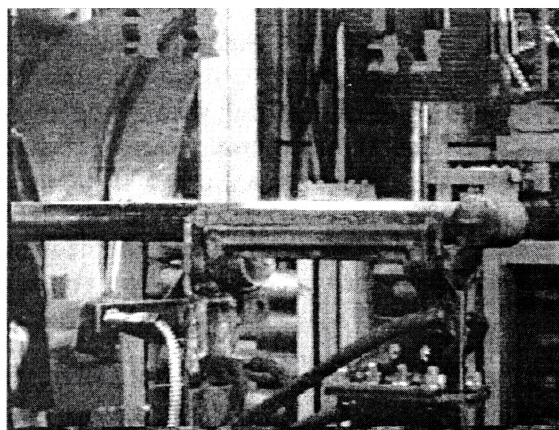
Ряд длинномерных деталей и заготовок на РУП «МАЗ» подвергают индукционному нагреву для различных операций – нормализацию, гибку, высадку и др. Создан и внедрен на МАЗе, заводах ПО «БелавтоМАЗ» и других заводах РБ ряд индукционных установок которые являются оригинальными разработками.

Автоматическая линия МА 105 изготовления вала стабилизатора длиной 3 м и диаметром 45-55 мм из стали 40Х, 40ХН, 30ХГС под гибку конфигурации вала внедрена в кузнечном цехе Минского автозавода при непосредственном участии соискателя. На рис. 6 представлены фотографии позиций нагрева и гибки вала стабилизатора на автоматической линии МА105.

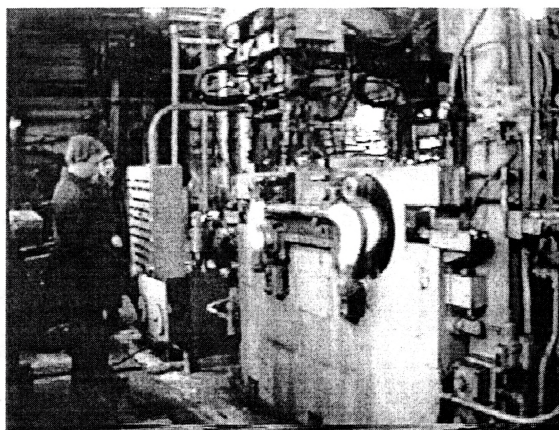
Нагрев осуществляют одновременно в двух одинаковых индукторах для двух обрабатываемых участков длиной до 500 мм на концах заготовки. Каждый индуктор запитан от отдельного понижающего трансформатора. Заготовка последовательно перемещается автоматическим манипулятором по следующим позициям – загрузки, предварительного подогрева, окончательного нагрева, гибки.

За счет оптимального выбора скоростей нагрева и с учетом выравнивания температуры по сечению заготовки на операциях переноса удалось достигнуть распределения температуры нагрева

заготовки по сечению, обеспечивающей высокое качество операции пластической деформации.



а



б

Рис. 6. Автоматическая линия гибки вала стабилизатора МА-105: а – позиция нагрева, в – позиция гибки

На Минском рессорном заводе разработан и внедрен целый ряд установок для индукционного нагрева длинномерных заготовок рессор с общей мощностью более 1200 кВт. Из них две уникальные установки мощностью по 500 кВт используются для нагрева заготовок под прокатку. Спроектированы, изготовлены и внедрены две установки для индукционного нагрева заготовок под прокатку переменного профиля малолистовой рессоры. Длина нагреваемых под прокатку заготовок и соответственно рабочего окна индукторов составляет от 1600 до 2750 мм, высота рабочего окна — 25–65 мм. Активная часть индуктора представляет собой соединенные последовательно или параллельно-последовательно овальные или прямоугольные витки, выполненные из медной водохлаждаемой трубки. После соединения между собой и закрепления в нужном положении активные витки заливают жаропрочным бетоном.

Внутри витков на дне рабочего окна индуктора укладывают водоохлаждаемые или жаропрочные направляющие пластины.

Для навивки ушка рессоры используется двухпозиционная установка ТВЧ. Установки запитаны от преобразователей частотой 4000 Гц и мощностью 500 кВт. Производительность установки составляет 15 – 20 листов/час или 500 – 700 кг/ч. На рис 8,а показана фотография позиции нагрева установки для навивки ушка малолистовой рессоры на рис 8,б - позиция навивки ушка рессоры.

Установка запитана от машинного генератора ВПЧ-100/8000, время нагрева на одной позиции составляет 25-35 секунд при отнимаемой мощности 65 - 70 кВт. Внедрена на Минском рессорном заводе в 1999 году

На кузнечном заводе тяжелых штамповок (РУП КЗТШ), в г. Жодино, внедрена установка для электроконтактного нагрева прутков длиной до 6м и диаметром до 16 мм под навивку и нагрева пружин под закалку. Освоено производство пружин подпрессоривания и опрокидывания кабины

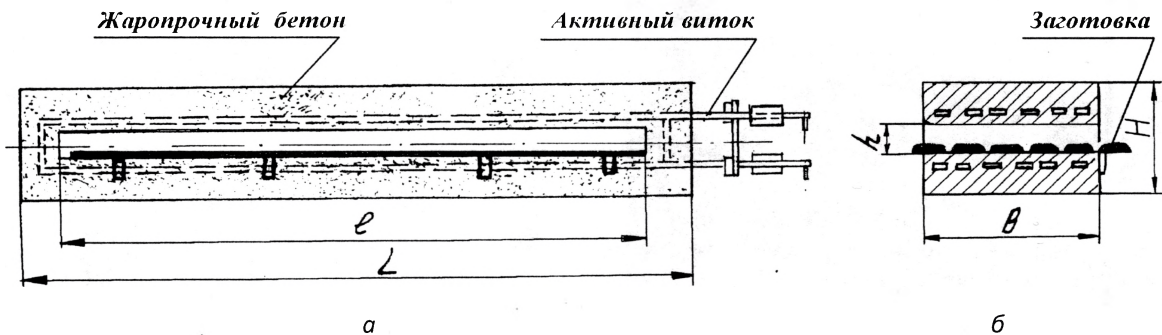


Рис. 7. Индукторы для нагрева заготовок рессорных листов: а — под прокатку, б — под навивку

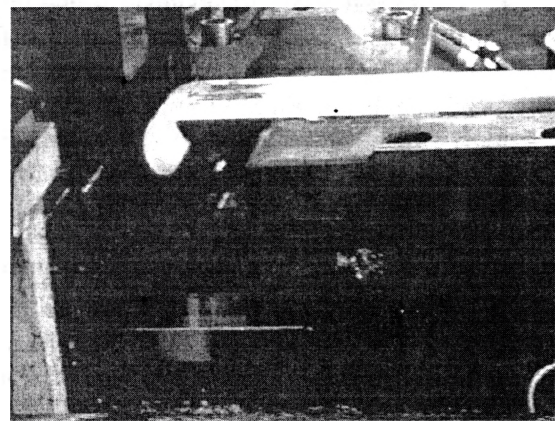
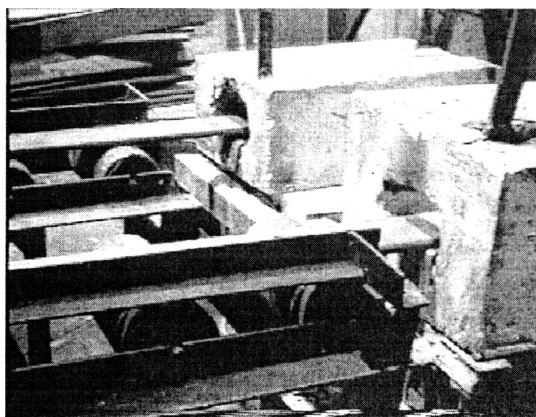


Рис. 8. Установка навивки ушка рессоры с ИН: а — позиция нагрева, б — позиция навивки ушка рессоры

На двухпозиционной установке ТВЧ для нагрева заготовок рессор под прошивку центровых отверстий производится сквозной нагрев рессорного листа шириной до 50 мм и длиной от 0,8 до 1,8 метра в центре заготовок расположенных горизонтально в щелевом двух витковом индукторе поочередно на двух позициях по схеме «ожидание». За счет вертикального смещения индукторов, заготовки при нагреве располагаются друг над другом, занимая при этом минимум места, а после нагрева по рольгангу подаются поочередно на позицию прошивки.

автомобилей МАЗ и пружин амортизаторов легковых автомобилей. Нагрев производят током промышленной частоты от понижающего трансформатора мощностью 340 кВА напряжением 30–35 В. В конструкции станка предусмотрен механизм компенсации температурных расширений возникающих при нагреве заготовки в процессе ее нагрева под навивку. На рис. 9 показана схема электро-контактного нагрева током промышленной частоты заготовок пружин. Температура нагрева под навивку составляет 750–800 °С, время нагрева — 30 с. Охлаждение навитой пружины

производят на воздухе. Благодаря высокой скорости и точности дозирования нагрева обезуглерожженный слой и окалина на поверхности пружин не образуются. Структура пружины из стали 60С2 после навивки представляет собой сорбит с твердостью 285 НВ.

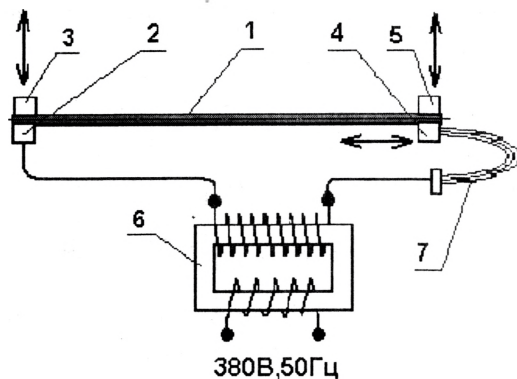


Рис. 9. Схема электроконтактного нагрева прутка: 1 — заготовка; 2 — неподвижный контакт; 3 — прижимной неподвижный контакт; 4 — подвижный контакт; 5 — подвижный прижимной контакт; 6 — силовой трансформатор; 7 — гибкая шина

В кузнечном производстве головного завода внедрена установка для нормализации с индукционным нагревом пруткового металла. На рис. 10 представлена схема работы линии, а на рис. 11 линия в работе. Линия работает следующим образом. Заготовки укладываются на стеллаж загрузки 4 и поочередно механизмом загрузки 2 подаются в приводные ролики 6, которые проталкивают заготовки через четырех-секционный индуктор 1 с заданной скоростью, в котором на первых двух секциях производится быстрый нагрев до определенной температуры, а на последующих поддержание заданной температуры для равномерного прогрева по всему сечению заготовки.

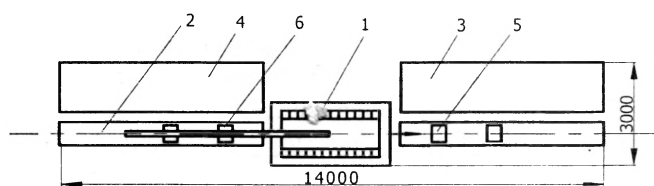
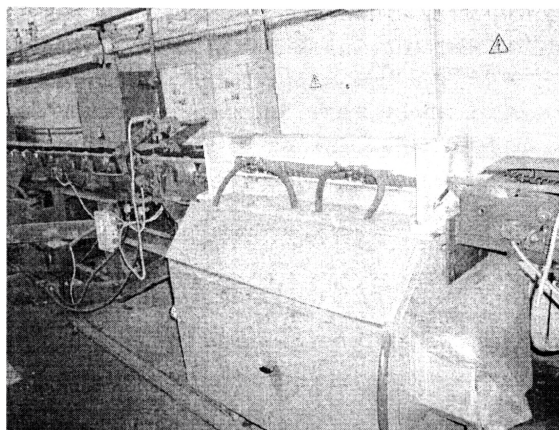


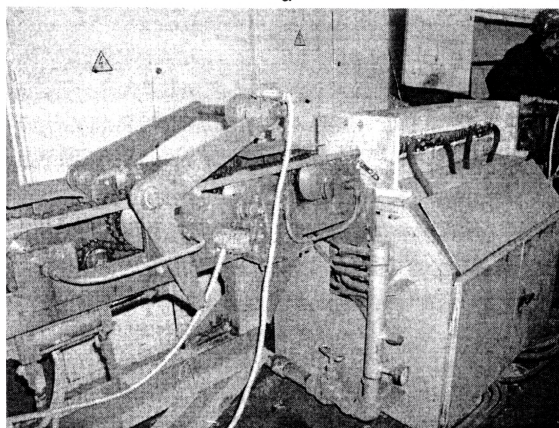
Рис. 10. Схема работы линии термообработки с нагревом ТВЧ пруткового металла: 1 — индуктор, 2 — механизм загрузки, 3 — стеллаж складирования, 4 — стеллаж загрузки, 5, 6 — приводные ролики

На выходе из индуктора заготовка захватывается приводными роликами 5, извлекается из ин-

дуктора и механизмом выгрузки укладывается на позицию складирования 3, где производится медленная остывание заготовок. Линия запитана от машинного преобразователя ППЧВ-250/2400, мощностью 250 кВт и частотой 2400 Гц. Мощность 250 кВт позволяет получить требуемую производительность, а частота 2400 Гц является оптимальной для диаметров 18-32 мм, которая позволяет обеспечить нагрев без перегрева поверхности и равномерного проникновения токов высокой частоты на всю глубину сечения прутка.



а



б

Рис. 11. Линия нормализации пруткового металла в работе

В настоящее время в монтаже находится линия нормализации прямоугольных электросварных труб используемых для изготовления каркасов автобусов МАЗ. Сварной каркас автобуса изготавливается из профильных электросварных прямошовных труб получаемых способом холодной деформации и является одним из ответственных узлов автобусов и троллейбусов МАЗ во многом определяющим долговечность изделия в целом. В процессе изготовления металл рулонной полосы подвергается значительным холодным пластиче-

ским деформациям, что приводит к образованию наклепа. Изделия с такой структурой обладают низкими пластичными свойствами, что в процессе эксплуатации приводит к разрушению. Данные трубы поступают в нетермообработанном состоянии и выполнение нормализации с индукционного нагрева позволяет значительно повысить их прочностные свойства.

Проведена серия опытов по индукционной термообработке труб. Температура нагрева составляла 720–800 °С, скорость перемещения через индуктор от 5 до 20 мм/с. Использовали преобразователи частотой 8,0 кГц и мощностью 100 кВт и частотой 66,0 кГц и мощностью 160 кВт. На рис. 12 показан процесс индукционной нормализации труб на опытной установке ТВЧ.

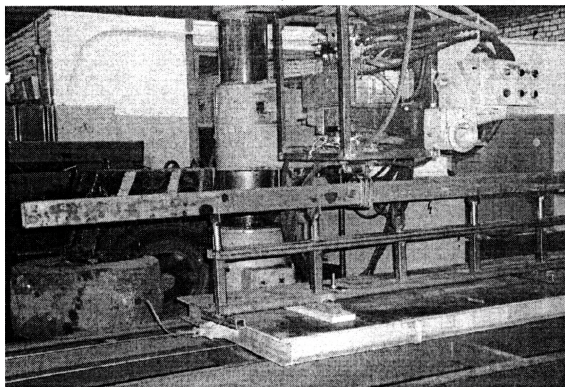


Рис. 12. Индукционная термообработка стальных электросварных труб каркасов автобусов

Выполнено измерение твердости на стенках труб до и после термообработки. На рис. 13 показано изменение твердости на стенке трубы и местугиба до и после термообработки.

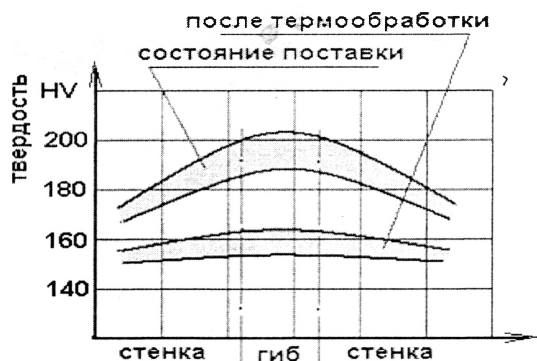


Рис. 13. Распределение твердости на трубе до и после индукционной термообработки

Схема индукционной установки и её основных узлов и механизмов для термообработки стальных труб прямоугольного сечения представлена на рис. 14. Конструкция разработанной установки

позволяет в автоматическом режиме производить термообработку труб, при этом механизмы установки обеспечивают автоматическую раскладку пакета труб на позиции загрузки, поштучное перемещение их через индуктор, выгрузку, промежуточное складирование и окончательное складирование. Внедрение установки запланировано в 2008 году.

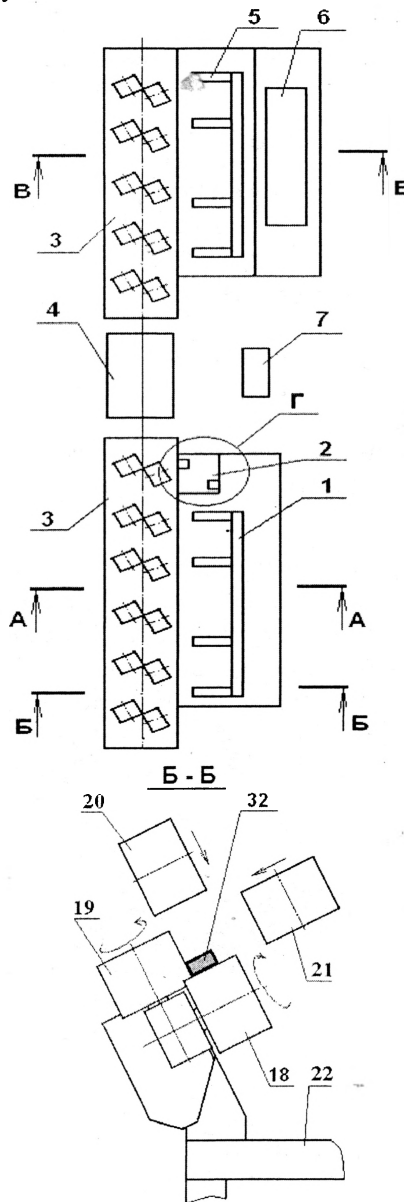


Рис. 14. Схема установки для термической обработки стального прямоугольного проката: 1 — механизм загрузки; 2 — механизм контроля торцевого зазора; 3 — подающий конвейер; 4 — индуктор; 5 — механизма выгрузки; 6 — механизм складирования; 7 — пульт управления; 18 и 19 — приводные ролики; 20 и 21 — прижимные ролики; 22 — рама