

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА МИНСКОМ АВТОМОБИЛЬНОМ ЗАВОДЕ

П.С. Гурченко, А.И. Михлюк, Минский автомобильный завод

Первые опыты по использованию токов высокой частоты для нагрева стальных изделий с целью их последующей закалки проводились в 1926 году профессором Вологдиным В.П. и инженером Кировского завода Беляевым Н.М. в лаборатории высокочастотной электротехники при Ленинградском электротехническом институте. В 1935 году профессором Вологдиным В.П. и инженером Романовым Б.Н. были начаты работы по применению индукционного нагрева для закалки рельсов. Поверхностный характер нагрева, выявленный в первых работах, был оценен как недостаток метода и стал тормозом для его промышленного применения. В январе 1936 года на ЗИЛе работниками завода Рыскиным С.Е. и Шепеляковским К.З. при непосредственном участии директора завода И.А. Лихачева были впервые проведены работы по поверхностной закалке шеек колленчатых валов двигателя автомобиля ЗИЛ. С особого разрешения нагрев производили от генераторов Октябрьской, а затем Минской радиостанций. Положительные результаты этой работы открыли дорогу поверхностной закалке в автомобильную и тракторную промышленность. В 1940 году на ЗИЛе и ГАЗе уже эксплуатировались промышленные высокочастотные установки для закалки деталей автомобилей. Начиная с 1942 года на ряде заводов — ЗИЛ, ГАЗ, УралАЗ, Челябинском тракторном заводе были созданы специализированные цехи электронагрева. В 1947 году на базе вышеназванной лаборатории высокочастотной электротехники под руководством В.П. Вологодина был организован Институт токов высокой частоты в дальнейшем преобразованный во ВНИИТВЧ им. Вологодина.

Сдерживающим фактором внедрения высокочастотного нагрева были дороговизна, ненадежность и недолговечность преобразователей частоты, предназначенных для радиостанций. Их амортизация ложилась тяжелым бременем на стоимость индукционного нагрева. Стоимость тока высокой частоты в несколько десятков раз превышала стоимость токов частотой 50 Гц. Применение

токов высокой частоты для технологических нужд промышленности потребовало создания специальных преобразователей. В 1937 году на заводе «Светлана» был организован выпуск первых ламповых генераторов, специально предназначенных для поверхностной закалки, а в 1939 году на Харьковском электромеханическом заводе изготовлен первый машинный преобразователь.

Когда же под руководством выдающихся ученых Вологодина В.П., Головина Г.Ф., Кидина И.Н., Лозинского М.Г., Шамова А.Н., Замятина М.М., Шепеляковского К.З., Слухоцкого А.Е. и других были созданы теоретические и технологические основы индукционного нагрева и поверхностной закалки с использованием токов высокой частоты, созданы недорогие и надежные преобразователи частоты, преимущества индукционного нагрева стали неоспоримыми и он начал свое стремительное распространение. Выявились основные преимущества индукционного нагрева: неограниченная возможность регулирования температуры и скорости нагрева, отсутствие обезуглероженного слоя и окалины, резкое уменьшение термических деформаций, высокая культура производства, экономия топливно-энергетических ресурсов.

Индукционный нагрев под кузнечную обработку начали применять в 1950 году, а уже к 1967 году на заводах страны использовали 400 кузнечных нагревателей общей мощностью 140 тыс. кВт. В настоящее время индукционный нагрев стал основным видом нагрева в кузнечных цехах всех промышленных предприятий.

Минский автомобильный завод, начиная с даты своего основания, термообработке с применением ТВЧ уделял значительное внимание. Уже в 1956 году индукционному нагреву под закалку на МАЗе подвергали 23 наименования деталей автомобиля. С момента организации на заводе лаборатории ТВЧ (01.10.1957г.) эта технология на МАЗе стала интенсивно развиваться. В 1969 году уже 250 наименований деталей подвергались закалке с индукционного нагрева, а в 1982 году количест-

во деталей, подвергаемых индукционному нагреву на МАЗе, достигло 400, а мощность высокочастотного оборудования выросла до 10000 кВт.

В настоящее время на Минском автозаводе индукционный нагрев применяют для заготовок и деталей более 900 наименований. При этом индукционной закалке подвергают более 400 деталей, нагреву под ковку, штамповку и высадку в кузнечном и агрегатном цехах — около 250 наименований, более 100 наименований инструмента проходит индукционный нагрев под напайку и отпайку твердосплавных пластин в термическом цехе штампового производства. Около 100 наименований осевого инструмента проходит закалку хвостовиков с нагревом ТВЧ. В цехе спецлития ежегодно выплавляется с использованием ТВЧ более 1000 тонн точного стального литья. Только на МАЗе общая мощность высокочастотных генераторов составляет 12820 кВт.

В настоящее время по уровню создаваемых технологических процессов и оборудования для обработки деталей при индукционном нагреве Минский автозавод вышел в число лидирующих предприятий автомобильной и тракторной промышленности СНГ.

В применении термообработки ТВЧ на Минском автомобильном заводе можно выделить следующие направления:

1. Закалка деталей ТВЧ с применением индукционного нагрева.
2. Индукционный нагрев заготовок под пластическую деформацию
3. Термообработка деталей ремонтного и вспомогательного производства.
4. Индукционный нагрев деталей (отжиг, нормализация, отпуск и т.д.)
5. Специальные виды технологии с применением индукционного нагрева

Закалка деталей ТВЧ с применением индукционного нагрева.

На Минском автомобильном заводе индукционный нагрев (ИН) применяют при упрочнении более 460 наименований деталей. В зависимости от типа упрочняемой поверхности все детали можно разделить на следующие группы:

- детали цилиндрической формы, которые составляют около 74%,
- детали сферической формы, составляющие около 11 %,
- детали плоской формы — 7%,
- прочие детали (внутренние и наружные зубчатые венцы, шлицевые поверхности, галтели, и

др.), составляющие около 8%.

В качестве источников ТВЧ применяются машинные преобразователи мощностью 100 и 250 кВт и частотой 2,4 и 8,0 кГц. Установки ТВЧ расположены как на специализированном участке термообработки ТВЧ, так и в линиях мехобработки. В качестве закалочной среды применяется закалочная среда — вода техническая. Распространенные марки сталей, применяемые на Минском автозаводе для деталей, упрочняемых закалкой с применением индукционного нагрева: 35-45, 40Л, 40ХНГМА, 40Х, 40ХН, 35-38ХГСА. Рекомендуемыми интервалами толщины закаленного слоя являются значения: 0,8–2,5; 1,5–4,0; 2,0–5,0; 3,0–6,0; 5,0–9,0. Термообработке с применением ИН подвергается также ряд чугунов таких как СЧ, КЧ, ВЧ.

Каталог индукторов, спроектированных на заводе, насчитывает более двух с половиной тысяч наименований. В зависимости от назначения технологической операции все индукторы, применяемые на МАЗе, подразделяют на следующие группы:

- 1-я группа** — индукторы для выполнения операции закалки;
- 2-я группа** — индукторы для выполнения операции нагрева под пластическую деформацию,
- 3-я группа** — индукторы для выполнения специальных операций

Закалка с применением индукционного нагрева зубчатых поверхностей.

Специалистами МАЗ разработаны и внедрены на Минском автозаводе и заводе колесных тягачей технология и оборудование для индукционной закалки средненагруженных шестерен модулем от 4 до 12 мм из сталей 40Х и 40ХН. Закалку выполняют непрерывно-последовательно под слоем проточной воды при движении индуктора от вершины зуба к его впадине и далее к вершине соседнего зуба (рис. 1).

Для сталей 40Х и 40ХН на обрабатываемых поверхностях достигнута твердость 56 – 62 НRC при толщине упрочненного слоя 1,5 – 2,0 мм. По сравнению с действовавшей ранее технологией печного упрочнения новая технология позволила более, чем в 300 раз сократить длительность операции упрочнения, в десятки раз уменьшить затраты электроэнергии и термические деформации, сократились затраты на вспомогательные материалы.

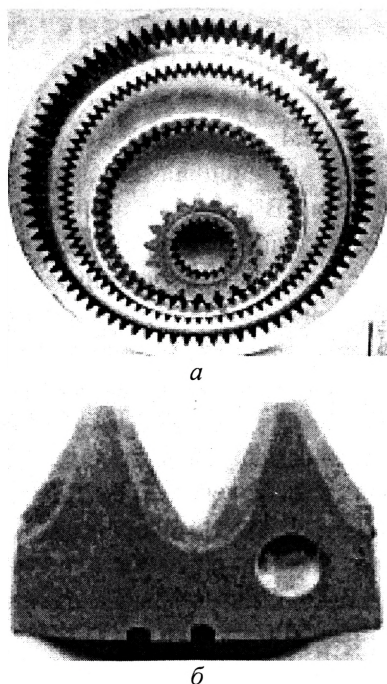


Рис. 1. Индукционная закалка шестерен: а — шестерни, подвергаемые поверхностной индукционной закалке, б — зона закалки на зубчатой поверхности ведомой шестерни колесной передачи автомобиля МАЗ

Для тяжело нагруженных шестерен автомобиля разработана технология объёмно-поверхностной закалки (ОПЗ) из сталей пониженной прокаливаемости, обеспечивающая равнозначные шестернями из стали 20ХНЗА, подвергнутыми цементации, прочностные свойства (рис 2).

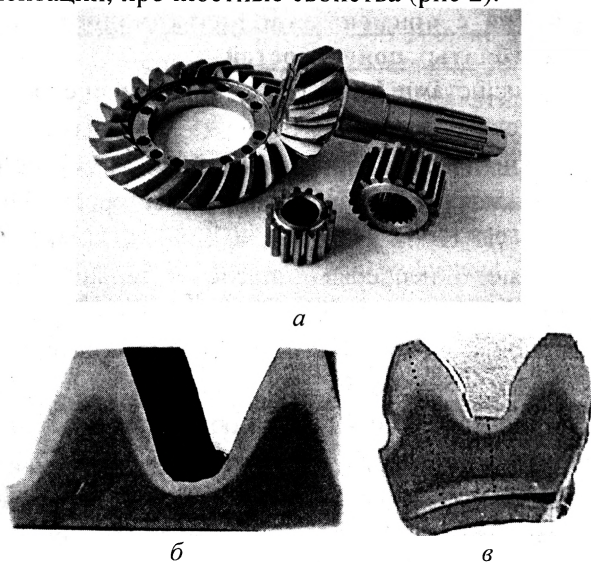


Рис. 2. Закалка ОПЗ шестерен МАЗ из сталей пониженной прокаливаемости: а — шестерни подвергаемые закалке, б — зона закалки на ведомой шестерне главной пары, в — зона закалки на шестерне колесной передачи

На рис. 3 представлена блок-схема разработанной установки. Установка состоит из восьми позиций, по которым последовательно проходит обрабатываемая деталь, где подвергается нагреву на трех позициях с заданной скоростью, закалочному охлаждению, самоотпуску, контролю твердости. Предусмотрена полная автоматизация операций технологического процесса с контролем всех технологических параметров и их регистрацией в ПК.

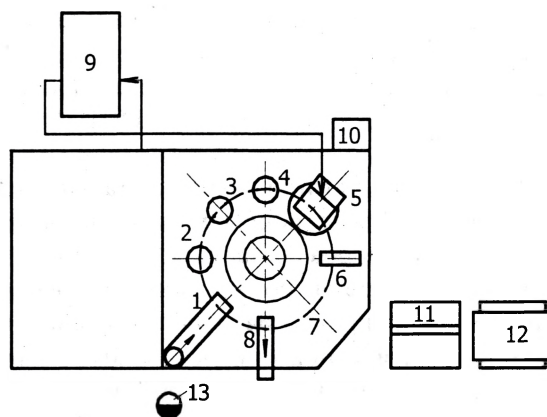


Рис. 3. Блок - схема индукционной установки для объёмно-поверхностной закалки шестерен колесной передачи моста автомобиля МАЗ: 1 — позиция установки детали, 2, 3, 4, — позиции последовательного нагрева деталей, 5 — позиция закалочного охлаждения, 6 — позиция самоотпуска и окончательного охлаждения, 7 — позиция разбраковки деталей по внешнему виду и твердости, 8 — позиция выгрузки обработанных деталей, 9 — насос закалочной системы, 10 — пневмоблок, 11 — пульт управления установкой, 12 — шкаф системы управления, 13 — рабочее место.

Упрочнение деталей сложной формы с контролируруемыми параметрами охлаждающей воды.

Для устранения закалочных трещин и уменьшения деформаций при поверхностной закалке деталей сложной конфигурации на Минском автозаводе созданы и освоены технологии и устройства управляемого водяного охлаждения.

1. *Управляемая прерывистая закалка.* Для закалки деталей сложной формы был предложен и исследован метод управляемого прерывистого охлаждения, заключающийся в чередовании стадий интенсивного охлаждения и дозированных пауз. Дозирование по времени паузы в процессе интенсивного охлаждения водяным спрейером при жестком регулировании давления, расхода и

длительности импульсов охлаждения и перерывов между ними позволяет обеспечить отсутствие трещин и деформаций на упрочняемых поверхностях сложной формы. В поверхностном слое упрочняемой зоны происходит закалка с самоотпуском на твердость 47 – 50 HRC, а в слоях, расположенных на расстоянии 0,5 - 1 мм, происходит ступенчатая закалка на твердость 50 – 52 HRC. На рис.4 показаны детали автомобиля МАЗ, упрочняемые прерывистой закалкой.

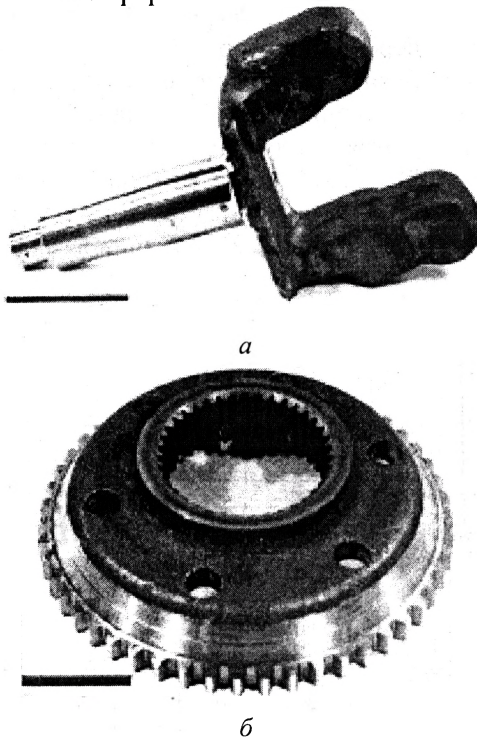


Рис. 4. Детали МАЗ, подвергаемые управляемой прерывистой закалке: а — кулак поворотный, б — ступица колесной передачи

На рис 5 показано распределение зоны закалки в сечении этих деталей: а — поворотный кулак, б — ступица ведущего моста.

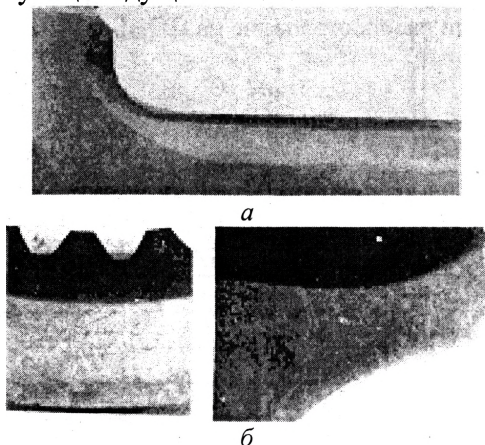


Рис 5. Зоны закалки в сечении деталей: а — поворотный кулак, б — ступица ведущего моста

Закалка деталей сложной формы закалочной водой постоянной температуры.

Специалистами лаборатории электронагрева МАЗ и группой специалистов Минского подшипникового завода был предложен способ для закалки деталей автомобиля сложной формы из углеродистых сталей при постоянной температуре закалочной среды (рис. 6).

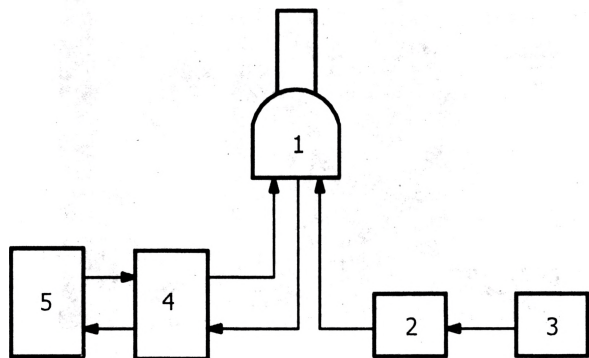


Рис. 6. Блок-схема установки ТВЧ для закалки корпусов наружных шарниров ШРУС. 1 — деталь, 2 — индуктор, 3 — установка ТВЧ, 4 — блок подготовки воды, 5 — заводская система водоснабжения

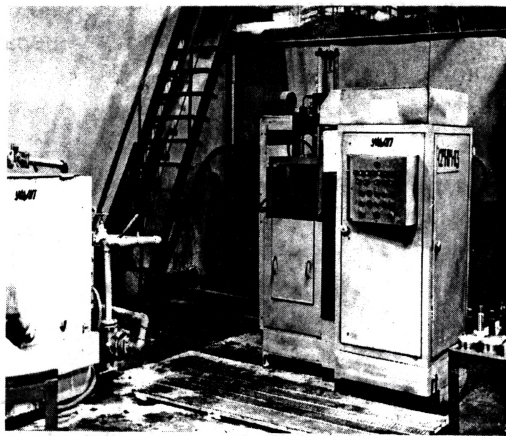
Отличительной особенностью данного способа является то, что при постоянстве расхода и давления охлаждающей воды регулируется и задается её температура. Была разработана и внедрена на Минском подшипниковом заводе установка ТВЧ закалки корпусов шарниров равных угловых скоростей (ШРУСов) легковых автомобилей, изготавливаемых из стали 50 (рис 7).

В качестве источника ТВЧ применен машинный преобразователь ППЧВ -250\10, мощностью 250 кВт и рабочей частотой 10000 Гц. При подаче охлаждающей воды на закалку обеспечивается строго заданные температура, давление и расход, что гарантирует высокое качество закалки и исключает образование закалочных трещин. В настоящее время на установке производится закалка корпусов наружных шарниров ШРУСов автомобилей ВАЗ, ЗАЗ, АЗЛК. Испытания на ВАЗе корпусов ШРУСов подтвердили их высокое качество.

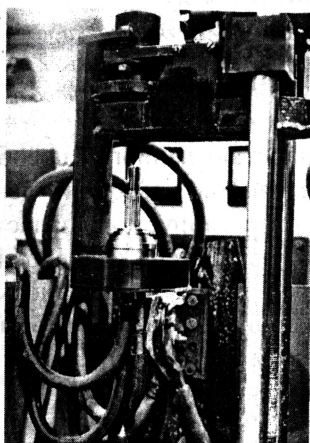
Индукционный нагрев заготовок под пластическую деформацию

В 2004 году на Минском автозаводе индукционный нагрев токами высокой частоты под деформирование применяют при изготовлении заготовок и деталей автомобиля из сталей всех марок весом от 0,05 кг до 43 кг. Годовой объем индукционно нагреваемых заготовок на МАЗе составил около 7,22 тысяч тонн, из которых в куз-

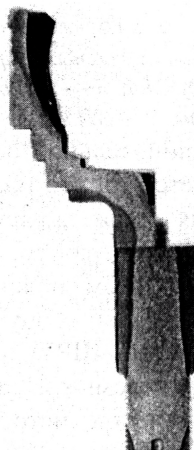
нечном производстве 5,35 тысяч тонн при общей годовой программе выпуска поковок 13,4 тысяч тонн. Около 250 наименований деталей, ранее освоенных на МАЗе, переданы на другие заводы республики (табл. 1).



а



б



в

Рис.7. Установка ТВЧ для закалки корпусов наружных шарниров ШРУСов: а — общий вид, б — расположение индуктора и детали, в — расположение зоны закалки ТВЧ в сечении детали 2108 — 2215020-01

Кузнечные индукционные нагреватели (КИН) используют для сквозного нагрева цилиндрических заготовок с длиной, превышающей диаметр при изготовлении поковок. Схема типового КИНа МАЗ представлена на рис. 8. Он состоит из сварного каркаса 1, индуктора 2, параллельно подсоединенной к нему при помощи водоохлаждаемых медных шин 3 конденсаторной батареи 4, которая служит для компенсации реактивной мощности индуктора, механизма загрузки заготовок 5, лотка выгрузки заготовок 6. Загрузка и продвижение заготовок через индуктор осуществляется устройством толкательного типа с бункерным накопителем. В кузнечном цехе Минского автозавода эксплуатируются индукторы 16 типоразмеров длиной 1000 и 2000 мм на которых производят нагрев под ковку, штамповку и высадку заготовок диаметром от 22 до 90 мм и длиной до 300мм.

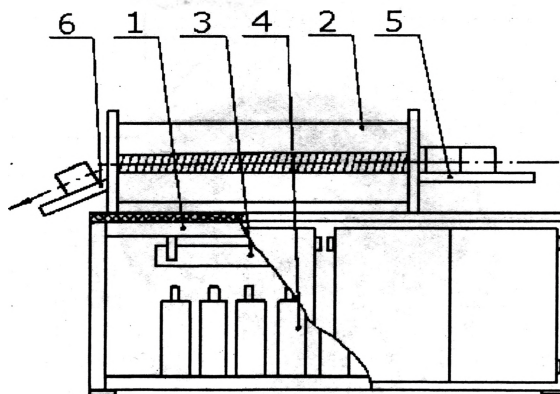


Рис. 8. Схема кузнечного индукционного нагревателя типа КИН 500 конструкции МАЗ: 1 — каркас, 2 — индуктор, 3 — медная шина, 4 — конденсаторная батарея, 5 — механизм загрузки, 6 — лоток выгрузки

Индукторы выполняют с бетонированными секциями, либо сборными с жаропрочными изоляционными втулками из керамики. Оба типа индукторов нашли распространение на ПО «БелавтоМАЗ».

Таблица 1

Применение индукционного нагрева металла под деформирование на заводах ПО «БелавтоМАЗ»

Завод	МАЗ	МЗКТ	МРЗ	КЗТШ	БААЗ	Итого
Количество установок, шт.	25	2	5	16	5	53
Количество генераторов, шт.	15	2	8	9	5	39
Суммарная мощность, кВт	7600	200	3100	9200	500	20600
Объем выпуска, шт\тонн	7220	320	1320	7870	552	17282
Номенклатура деталей, шт.	460	164	9	89	13	735

КИНы конструкции МАЗ отличаются компактностью и простотой обслуживания. На рис. 9 представлен индуктор для нагрева круглых заготовок. Индуктор состоит из шести секций 1, соединенных с помощью соединительных колодок 2 и размещенных между верхним и нижним дубовыми брусьями 3. Внутри секций индуктора находятся керамические жароупорные втулки 4, ограниченные в осевом направлении асбестоцементными плитами 5 и изолирующей асбестоцементной прокладкой 6. В пазах втулок 4 размещены водо-охлаждаемые жароупорные направляющие 7 для перемещения по ним нагреваемых заготовок 8. На верхнем бруссе расположены водораспределительные колодки 9 подачи воды по секциям индуктора. Напряжение на индуктор подается через контактные колодки 10.

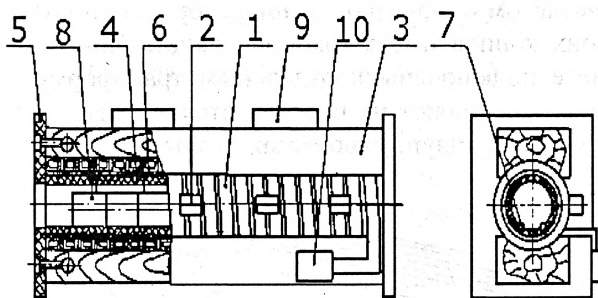


Рис. 9. Индуктор кузнечного нагревателя типа КИН, применяемый на МАЗ. 1 — секции, 2 — соединительные колодки, 3 — дубовые брусья, 4 — керамические жароупорные втулки, 5 — асбестоцементная плита, 6 — асбестоцементная прокладка, 7 — направляющие, 8 — заготовки, 9 — водораспределительные колодки, 10 — контактные колодки.

Другой тип широко применяемых индукторов — бетонированный индуктор, представлен на рис. 10.

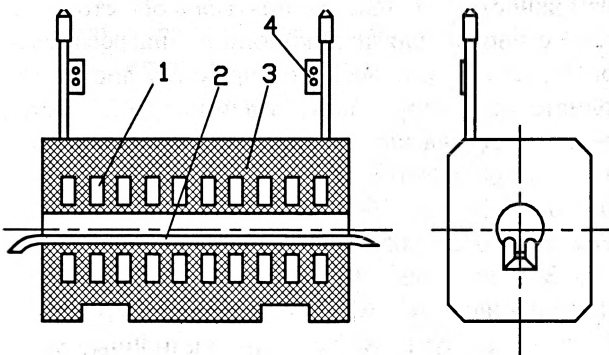


Рис. 10. Бетонированный индуктор для нагрева заготовок. 1 — индукционный виток, 2 — жароупорные направляющие, 3 — бетон, 4 — контактные планки

Индукционный виток 1 этого индуктора (как и у индуктора предыдущего типа) состоит из нескольких секций соединенных последовательно или параллельно-последовательно. Внутри индуктора располагаются две водоохлаждаемые трубчатые направляющие для поддержания нагреваемой заготовки. Для бетонирования применяется жаростойкий и теплоизолирующий бетон 3. При соединении индуктора к источнику тока осуществляется через медные контактные планки 4.

Схемы соединения витков

Для индукторов длиной 1000 мм применяют, как правило, последовательное соединение секций. Для индукторов длиной 2000 мм применяют типы соединения секций, представленные на рис. 12. При последовательном соединении секций (рис. 11, а) необходимая скорость нагрева обеспечивается количеством витков индуктора. Этот тип соединения применяют для нагрева заготовок диаметром до 53-55 мм. При параллельно-последовательном соединении (рис. 11, б) секции последовательно соединены в две параллельные линии, которые подсоединяются к токоведущим шинам. Этот тип соединения применяют для нагрева заготовок диаметром от 55 до 70 мм.

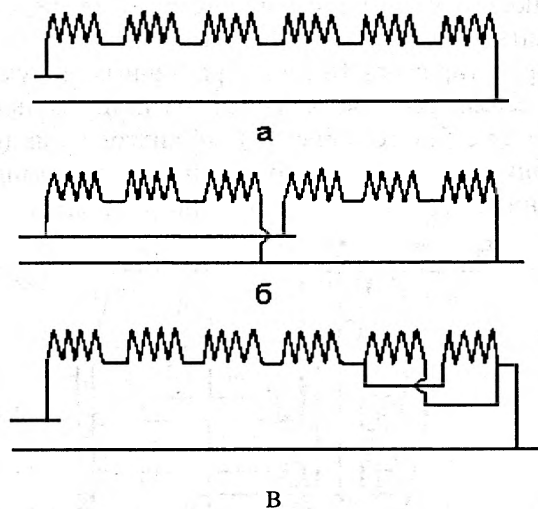


Рис. 11. Схемы соединения секций индуктора КИНов, применяемые на МАЗе: а — последовательное соединение, б — параллельно-последовательное соединение, в — схема ускоренного нагрева заготовок.

Для равномерного нагрева заготовок диаметром 75-90 мм на МАЗе разработана и успешно используется схема ускоренного нагрева заготовок (рис. 12, в). Первые четыре секции соединены последовательно, две последние — параллельно между собой и последовательно с первыми 4-мя. За счет такого соединения секций обеспечивается

интенсивный нагрев заготовок на первых 4-х секциях и выравнивание температуры по всему сечению на последних, где плотность тока в два раза меньше. Время нагрева в таком индукторе сокращается до 40%.

Универсальные установки ТВЧ для нагрева под выдавливание. Широко распространен на «РУП МАЗ» местный сквозной индукционный нагрев концов заготовок под горячее пластическое деформирование при изготовлении мелких деталей. Наиболее перспективен этот метод для выдавливания заготовок типа болтов, гаек, угольников, шаровых пальцев, заглушек и других мелких заготовок диаметром от 10 мм до 30...32 мм при длине нагреваемой зоны от 25 до 70 мм. В 2004 году для этих целей на предприятии эксплуатировалось 11 рабочих постов в составе кривошипного пресса типа КГШП усилием 100, 160 и 250 т. и однопозиционными установками ТВЧ типа ИЗ. В 2004 году было изготовлено 9,5 миллионов заготовок с объемом 1870 т в год более 180 наименований деталей. Индукционные установки запитаны от преобразователей ОПЧ250/10 с рабочей частотой 10000Гц, включенных в локальную сеть суммарной мощностью 1000 кВт. Средняя производительность 1 нагревательного поста составляет 600-650 штук/час, или 120-130 кг/час.

Спроектировано 18 типов различных индукторов, самый распространенный из которых представляет собой (см. рис. 12) 2-4 витковую индукционную катушку 1, изготовленную из профилированной медной трубки различного сечения.

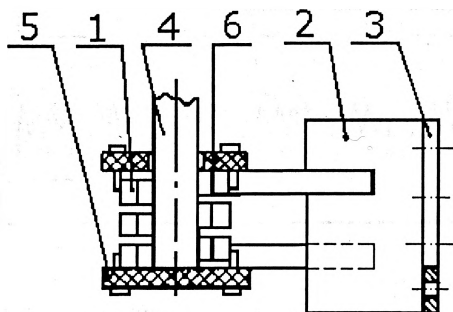


Рис. 12. Типовой индуктор для нагрева заготовок под выдавливание. 1 — индукционная катушка, 2 — токоподводящие шины, 3 — колодки крепления к трансформатору, 4 — нагреваемая заготовка, 5 — нижняя плита, 6 — верхнее центрирующее кольцо

Катушка приварена к медным шинам 2, с колодками 3 с отверстиями для крепежа. Для фиксации заготовки 4 в индукторе на витке крепятся нижняя плита 5 и верхнее центрирующее кольцо

6 из асбестоцемента или другого электроизоляционного материала. Для всех индукторов одинаковы: размеры колодок, диаметр и взаиморасположение крепежных отверстий, расстояние от плоскости крепления колодки до оси заготовки в индукторе. Количество витков индуктора и сечение трубки выбирают в зависимости от высоты и диаметра нагреваемой заготовки, требуемого темпа нагрева. Диаметр витка индуктора выбирают больше диаметра заготовки на 4-9 мм.

Термообработка с применением индукционного нагрева изделий с длиной от 2 до 6 м.

1. Установка для нагрева чизельного зуба длиной более 2 м, которая внедрена на Кобринском автоагрегатном заводе. Оригинальность установки заключается в том, что заготовка квадратного сечения нагревается одновременно по всей длине в петлевом одновитковом индукторе. Индуктор с обоих концов имеет токоподводящие шины, которые подключены к отдельным трансформаторам и соединяют их последовательно между собой. Схема индуктора показана на рис. 13.

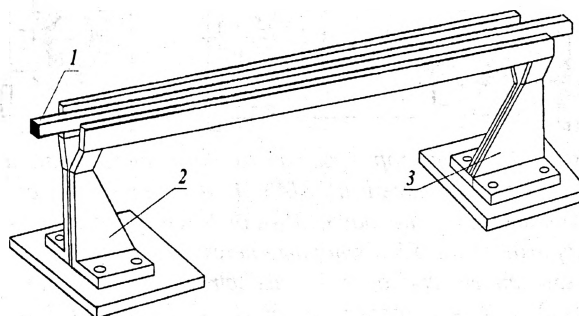


Рис. 13. Индуктор для нагрева заготовок чизельного зуба под навивку: 1 — заготовка; 2, 3 — токоподводящие шины индуктора

Для предотвращения изгибания заготовки в результате теплового расширения заготовка имеет возможность свободно удлиняться в обе стороны.

2. Установки для индукционного нагрева заготовок рессорной полосы под прокатку листов малолитровой рессоры на МРЗ длиной до 2,2 метра (рис. 14). Длина нагреваемых под прокатку заготовок и соответственно рабочего окна индукторов составляет от 1600 до 2750 мм, высота рабочего окна — 25 – 65 мм.

На Минском рессорном заводе (МРЗ) с помощью специалистов МАЗ в настоящее время освоены и эксплуатируются 4 индукционные установки с общей мощностью генераторов 1200 кВт. Общий объем нагреваемого проката на Минском рессорном заводе составляет 80 тонн в месяц или 300 – 400 листов в смену.

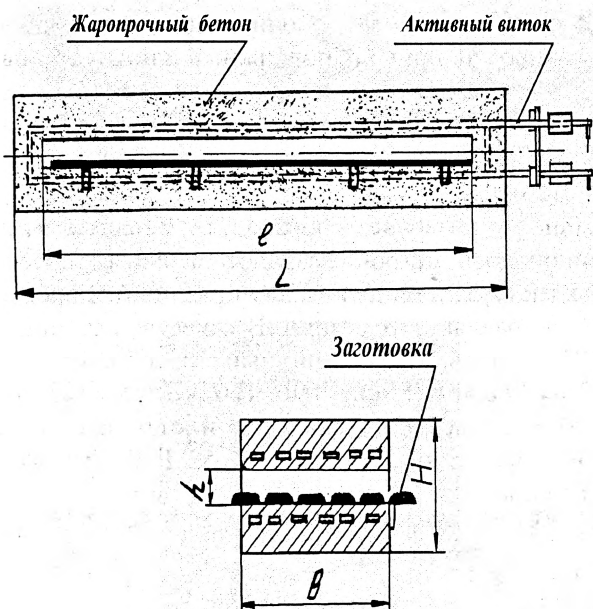


Рис. 14. Индуктор для нагрева заготовок рессорных листов под прокатку

3. Разработана и находится в стадии внедрения линия рекристаллизационного отжига с нагревом ТВЧ пруткового проката, предназначенного для изготовления крепежных изделий с наружной резьбой. Линия работает следующим образом (рис. 15). Заготовки укладываются на стеллаж загрузки 4 и поочередно механизмом загрузки 2 подаются в приводные ролики 6, которые проталкивают заготовки через индуктор 1, где производится нагрев. На выходе из индуктора заготовка захватывается приводными роликами 5, извлекается из индуктора и механизмом выгрузки укладывается на позицию складирования 3 для спокойного остывания на воздухе. Направление навивки 1-й и 2-й секций противоположно навивке 3-й и 4-й секций, что, за счет магнитных полей встречного направления, концентрирующихся в зоне индуктора, устраняет наводки блуждающих токов на металлических конструкциях установки (рис. 16). Линия запитана от машинного преобразователя ППЧВ-250/2400, мощностью 250 кВт и частотой 2400 Гц, что позволяет обеспечить нагрев без перегрева поверхности и равномерного проникновения токов высокой частоты на всю глубину сечения прутков диаметров 18-38 мм.

4. 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. На рис. 17 представлена технологическая схема работы установки, а на рис. 18

фотографии позиций нагрева и гибки вала стабилизатора на автоматической линии МА105.

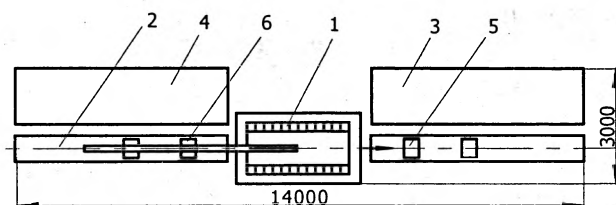


Рис. 15. Схема работы линии термообработки с нагревом ТВЧ пруткового металла: 1 — индуктор, 2 — механизм загрузки, 3 — стеллаж складирования, 4 — стеллаж загрузки, 5, 6 — приводные ролики

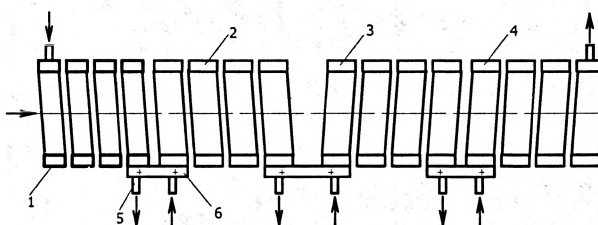


Рис. 16. Схема навивки секций индуктора для отжига пруткового металла: 1 — первая секция, 2 — вторая секция, 3 — третья секция, 4 — четвертая секция, 5 — штуцера для подачи воды, 6 — контактная колодка

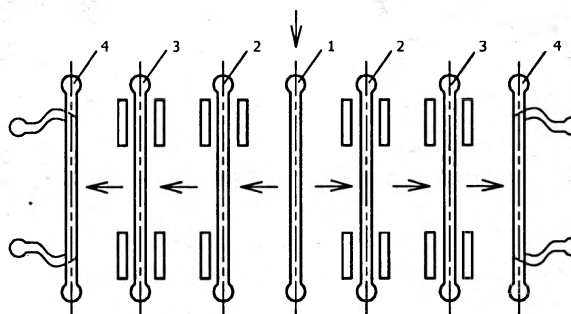
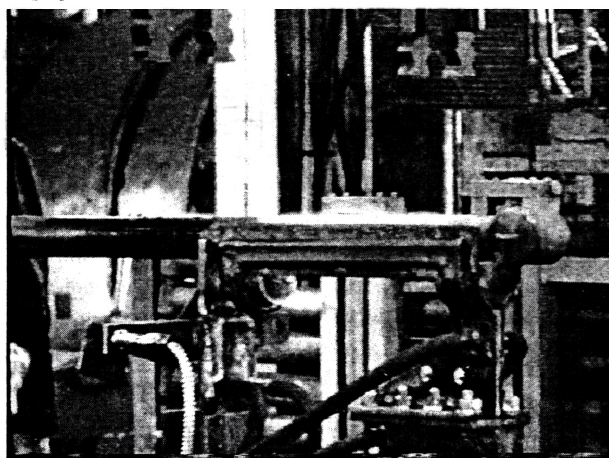


Рис. 17. Схема работы установки МА-105: 1 — позиция загрузки, 2 — позиция предварительного подогрева, 3 — позиция окончательного нагрева, 4 — позиция гибки

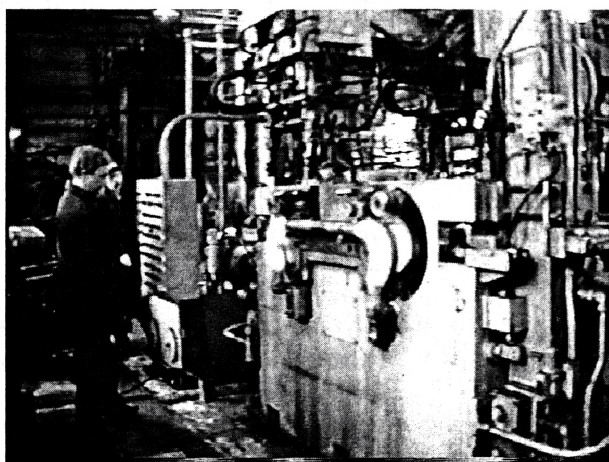
Нагрев осуществляют одновременно в двух одинаковых индукторах для двух обрабатываемых участков длиной до 500 мм на концах заготовки. Заготовка последовательно передается автоматическим манипулятором с позиции загрузки 1 на позицию предварительного подогрева 2 и далее на позицию окончательного нагрева 3 и на позицию гибки 4.

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

ратуры нагрева заготовки по сечению, обеспечивающей высокое качество операции пластической деформации.



а



б

Рис. 18. Автоматическая линия гибки вала стабилизатора МА-105: а — позиция нагрева, в — позиция гибки

Термообработка деталей ремонтного и вспомогательного производства

Применение индукционного нагрева для термообработки деталей ремонтного и вспомогательного производства.

Применение упрочнения деталей ремонтного производства позволяет повысить качество изготовления деталей, увеличивает межремонтный срок службы оборудования.

1. *Закалка ТВЧ направляющих станин металлорежущих станков.* На Минском автомобильном заводе был разработан, изготовлен и внедрен специальный станок для закалки ТВЧ направляющих станин металлорежущих станков после капитального ремонта. На рис. 19 показан общий вид установки ТВЧ для закалки направляющих.

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 трансформатором и пускорегулирующей аппаратурой. Установка позволяет производить закалку станин длиной до 6 метров. Разработана и изготовлена серия индукторов для закалки различных профилей направляющих станин. 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.

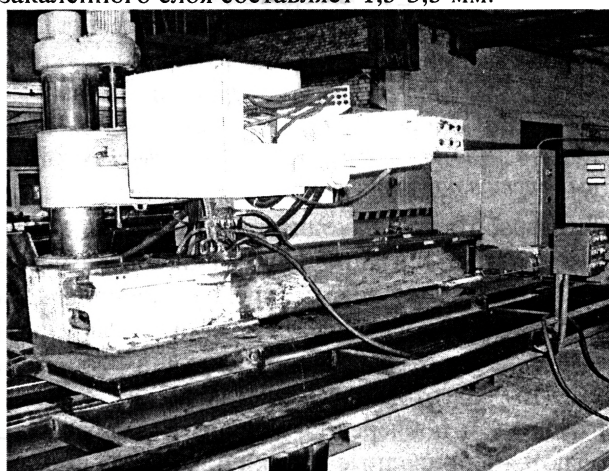


Рис. 19. Индукционная установка для закалки ТВЧ направляющих станин металлорежущих станков

2. *Установка ТВЧ для термообработки звеньев цепи подвесных конвейеров.* Подвесная цепь состоит из трех элементов: звено наружное, звено внутренне и валик. Основные причины выхода подвесного конвейера из строя две: разрыв «звена внутреннего», приводящий к аварийной остановке конвейера и износ «валика» в местах интенсивного трения, приводящий к нарушению шага и сбоям в работе конвейера. Деталь «звено внутреннее» подвергается объемной закалке на максимальную твердость с последующим отпуском ТВЧ средней части. Элемент цепи «валик» подвергается закалке ТВЧ взамен объемной термообработки, что значительно повышает твердость поверхности, подверженной износу. Глубина закаленного ТВЧ слоя составляет 2 - 3,5 мм. Твердость поверхности > 52 HRC. На рис. 20 представлен внешний вид «валика» звена подвесного конвейера, упрочненного по разным технологиям. Срок службы цепей повышается от 2 до 5 раз.

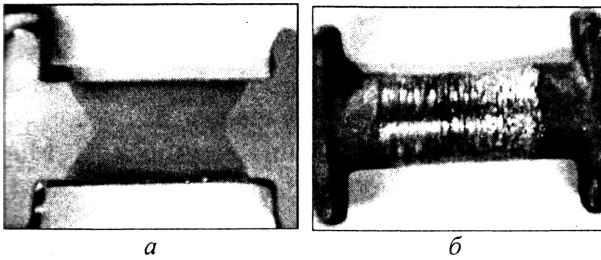


Рис. 20. Внешний вид «валика»: а — объёмная закалка, твердость 35-40 HRC, б — закалка ТВЧ, твердость 48-52 HRC.

Индукционный нагрев деталей (отжиг, нормализация, отпуск и т.д.)

Установка ТВЧ для отжига сварных швов. Термообработку сварных кольцевых швов штампо-сварного картера заднего моста автомобилей МАЗ выполняют на специальной установке, показанной на рис. 21.

Она состоит из двухпозиционной нагревательной станции, приспособления для фиксации обрабатываемой детали и двух разъемных индукторов, установленных симметрично центру установки. Нагрев сварных швов производят от преобразователя частоты мощностью 100 кВт и частотой 2400 Гц в течение 50 с. Температура нагрева составляет 830 – 860 °С, она обеспечивается постоянством электрических параметров и периодически контролируется при наладке процесса. Охлаждение производят на воздухе за счет теплоотвода в массу детали. Свариваемые рукава штамповарного картера изготавливают из стали 17ГС, а фланцы, привариваемые к ним — из стали 40.

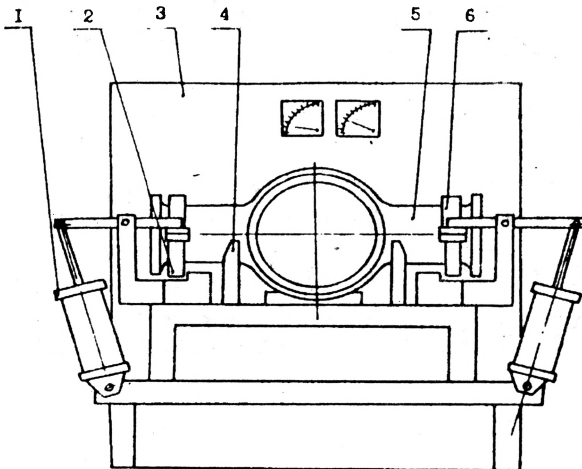


Рис. 21. Установка для термообработки сварных кольцевых швов штамповарного картера заднего моста автомобилей МАЗ: 1 — нагревательный блок, 2 — обрабатываемый картер, 3 — нижняя часть индуктора, 4 — верхняя часть индуктора, 5 — призма для установки детали в индуктор, 6 — пневмоцилиндр прижима верхней части индуктора

После термообработки сварных швов с вышеуказанными скоростями нагрева получена тонкодисперсная феррито-перлитная структура с твердостью 190-210 НВ, обеспечивающая высокую усталостную прочность и долговечность.

Специальные виды технологии с применением индукционного нагрева

Богатый опыт по применению индукционного нагрева в промышленности позволил существенно расширить границы применения данного вида нагрева для выполнения различных технологических операций, где применение ТВЧ ранее не было известно. В качестве примеров рассмотрим последние разработки специалистов Минского автомобильного завода в этом направлении.

Применение индукционного нагрева для анализа и аналитическому контролю стальной стружки на соответствие ГОСТ.

Общеизвестно, что обработка резанием стальных деталей приводит к образованию большого количества витой металлической стружки. Данная стружка подлежит сдаче на специализированные перерабатывающие заводы (в РБ это заводы «Вторчермета») по различным группам в зависимости от содержания легирующих элементов. Выполнение анализа на имеющихся приборах аналитического контроля крайне затруднено, так как приходится анализировать хим. состав отдельной стружки, что не обеспечивает объективность химсостава всего массива стружки. Особенно это важно при смешивании например углеродистой и легированной стружки.

Была разработана уникальная методика пробоподготовки методом индукционной плавки стружки для её анализа на приборах аналитического контроля (рис. 22).

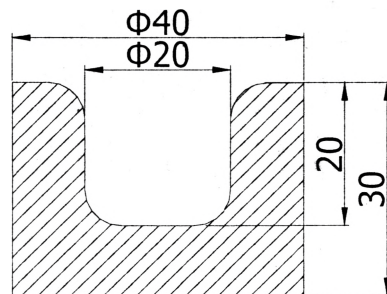


Рис. 22. Графитовый тигель для плавки стальной стружки

Отобранные в соответствии с ГОСТ в 5-ти местах от каждой партии пробы стружки измельчают и сплавляют в графитовом тигле токами высокой частоты с получением литого образца. Такой способ подготовки пробы позволяет получить сред-

нюю пробу для анализа, однородную по содержанию легирующих элементов (Cr и Ni). Это позволило впервые в СНГ в УЛИР РУП «МАЗ» разработать и внедрить уникальную методику аналитического контроля по химсоставу собираемой стальной витой стружки. Экономический эффект без дополнительных затрат составил в 2004 году около 20 млн рублей.

Применение индукционного нагрева при термообработке мелких металлических частиц.

На Минском автомобильном заводе разработан метод термообработки сыпучих металлических материалов с применением индукционного нагрева в транспортирующей гладкостенной трубе со сплошным потоком движения частиц (рис. 23).

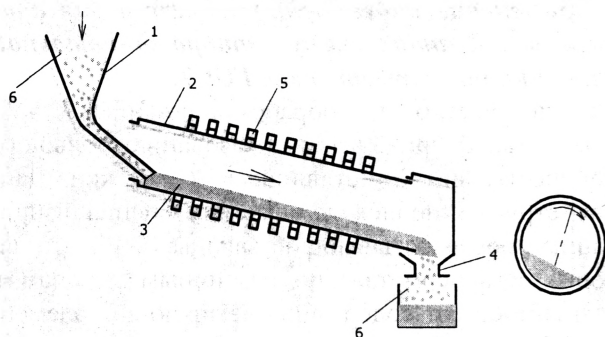


Рис. 23. Схема движения сыпучих материалов в наклонной трубе: 1 — лоток загрузки, 2 — труба, 3 — сыпучий материал, 4 — лоток выгрузки, 5 — индуктор

Вращающийся гладкостенный барабан нагревается до заданной температуры обработки металлических частиц электромагнитным полем высокой частоты. После этого производится непрерывная загрузка частиц в гладкостенный барабан.

Обрабатываемые частицы непрерывно перемешивались, нагреваются до заданной температуры и одновременно перемещаются вдоль нагретого гладкостенного барабана в сторону выгрузки.

Метод внедрен в сталелитейном цехе №2 Минского автомобильного завода на участке рассева и термообработки стальной литой дроби и предназначены для отпуска ТВЧ литой дроби после рассева по фракциям. На рис. 24 представлен общий вид установок ТВЧ во время работы. Для исключения дополнительной переналадки режимов все фракции дроби при термообработке разделены по трем установкам. Установки ТВЧ запитаны от машинных преобразователей ВПЧ 100/8,0, мощностью 100 кВт и частотой 8000Гц.

Согласно схеме от любого генератора может быть запитана любая установка, в зависимости от достаточного наличия дроби в загрузочном бункере на термообработку.

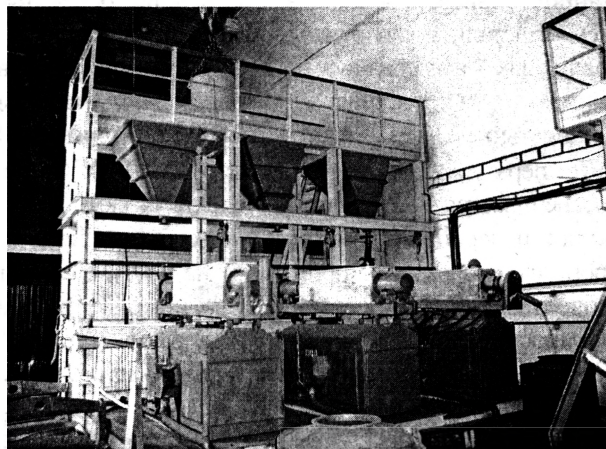


Рис. 24. Индукционная установка термообработки стальной литой дроби

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЛИТЬЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ РБ

Д.А. Волков, В.Л. Рассудов, УП «ИСТИТУТ БЕЛНИИЛИТ»

Итоговые показатели выполнения объемов выпуска отливок литейным производством Республики Беларусь дают основания полагать, что оно после 10-летнего спада стабилизировалось на уровне 300 тыс. т отливок/год, из которого 75% составляют литые заготовки из чугуна, 23,6% — из стали, 2,2% — из сплавов на основе алюминия

и 1,1% — на основе меди [1].

Наиболее крупными производителями чугунолитейного литейного производства являются Минский тракторный завод (58 тыс. тонн), Минский завод отопительного оборудования (42 тыс. тонн), Гомельский литейный завод «Центролит» (18 тыс. тонн), Могилевский металлургический завод (18 тыс. тонн). Произво-