



The history of induction heat formation in the machine-building technology and experience of Minsk automobile plant in induction heat hardening of automobile details are examined in our magazine No 1,2002. In this article there is examined the experience of Minsk automobile plant on creation and application of equipment and technology of induction heat at hot plastic deformation and in foundry. The recommendations on designing of heating installations and choice of optimum heat conditions are given.

П. С. ГУРЧЕНКО, М. И. ДЕМИН, А. И. МИХЛЮК, РУП "МАЗ"

УДК 669.621.785

ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ В КУЗНЕЧНОМ И ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПО "БЕЛАВТОМАЗ"

Индукционный и электроконтактный нагрев металла благодаря неоспоримым достоинствам (неограниченная возможность регулирования температуры и скорости нагрева, отсутствие обезуглероженного слоя, окалина и угара, высокая культура производства и экономия топливно-энергетических ресурсов) становятся основными при пластической деформации.

В 2001 г. на Минском автозаводе индукционный нагрев токами высокой частоты под деформирование применяют при изготовлении заготовок и деталей автомобиля из сталей всех марок массой от 0,05 до 43 кг. Годовой объем индукционно нагреваемых заготовок на МАЗ составил в 2000 г. около 7,22 тыс. т, из которых в кузнечном производстве 5,35 тыс. т при общей годовой программе выпуска поковок 13,4 тыс. т. Около 250 наименований деталей, ранее освоенных на МАЗе, переданы на другие заводы республики.

В табл. 1 приведены основные данные по применению индукционного нагрева под пластическую деформацию по заводам ПО "БелавтоМАЗ" за 2000 г.

Конструкция и применение кузнечных индукционных нагревателей

Кузнечные индукционные нагреватели (КИН) используют для сквозного нагрева цилиндрических заготовок с длиной, превышающей диаметр при изготовлении поковок. Существует несколько типов КИН, отличающихся конструкцией индукторов, загрузочных устройств и механизмов продвижения заготовок. Например, продвижение за-

готовок через индуктор осуществляют при помощи пневмоцилиндра, кулисно-рычажного механизма, бесконечной цепи или "шагающими" направляющими индуктора. Индукторы выполняют с бетонированными секциями либо сборными с жаропрочными изоляционными втулками из керамики. Оба типа индукторов нашли распространение на ПО "БелавтоМАЗ". На заводе "Индуктор" (г. Новозыбково, Брянская обл., Россия) серийно освоено производство КИН, разработанных во ВНИИТВЧ им. В. П. Вологодина (г. Санкт-Петербург). Их конструкция стала базовой при проектировании и изготовлении данного типа нагревателей. В дальнейшем на многих предприятиях, в том числе и на МАЗ, появились КИН собственной конструкции, разработанные под конкретные заготовки и с учетом опыта эксплуатации. КИН конструкции МАЗ отличаются компактностью и простотой обслуживания. В кузнечном цехе они оборудованы системой автоматизированной загрузки заготовок в индуктор.

Схема типового КИН, разработанного на МАЗ, представлена на рис. 1. Он состоит из сварного каркаса 1, индуктора 2, параллельно подсоединенных 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 осуществляются устройством толкательного типа с бункерным накопителем. На рис 2 показаны индуктор для нагрева круглых заготовок. Он включает в себя

Таблица 1. Применение индукционного нагрева металла под деформирование на заводах ПО "БелавтоМАЗ"

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

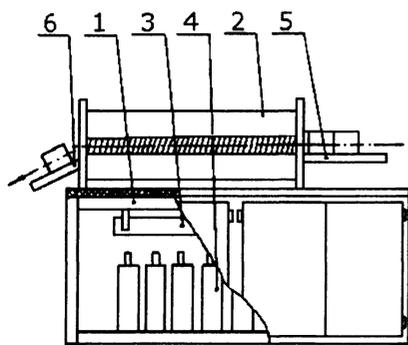


Рис. 1. Схема кузнечного индукционного нагревателя типа КИН-500 конструкции МАЗ: 1 — каркас; 2 — индуктор; 3 — медная шина; 4 — конденсаторная батарея; 5 — механизм загрузки; 6 — лоток выгрузки

шесть секций 1, соединенных последовательно или параллельно-последовательно с помощью соединительных колодок 2 и размещенных между верхним и нижним деревянными брусками 3. Внутри секций индуктора находятся керамические жароупорные втулки 4, ограниченные в осевом направлении передней и задней 5 асбестоцементными плитами, а в радиальном направлении — изолирующей асбестоцементной прокладкой 6. В овальных пазах втулок 4 размещены водоохлаждаемые жароупорные направляющие 7 для перемещения по ним нагреваемых заготовок 8. На верхнем бруске расположены водораспределительные колодки 9 подачи воды на охлаждение секций индуктора. Напряжение на индуктор подается через контактные колодки 10.

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 300 мм.

Важное значение имеет способ соединения секций индуктора. Для индукторов длиной 1000 мм применяют, как правило, последовательное соединение секций, для индукторов длиной 2000 мм — типы соединения секций, представленные на рис. 3. При последовательном соединении секций (рис 3, 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 3, б) секции последовательно соединены в две параллельные линии, которые подсоединяются к токоведущим шинам. Этот тип соединения используют для нагрева заготовок диаметром от 55 до 70 мм.

Для равномерного нагрева заготовок диаметром 75—90 мм на МАЗ разработана и успешно используется схема ускоренного нагрева заготовок (рис 3, в). Первые четыре секции соединены последовательно, две последние — параллельно между собой и последовательно с первыми четырьмя. За счет такого соединения секций обеспечивается

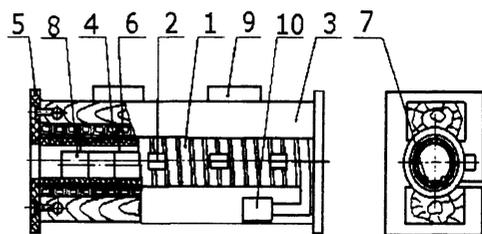


Рис. 2. Индуктор кузнечного нагревателя типа КИН, применяемый на МАЗ: 1 — секции; 2 — соединительные колодки; 3 — дубовые брусья; 4 — керамические жароупорные втулки; 5 — асбестоцементная плита; 6 — асбестоцементная прокладка; 7 — направляющие; 8 — заготовки; 9 — водораспределительные колодки; 10 — контактные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

интенсивный нагрев заготовок на первых четырех секциях и выравнивание температуры по всему сечению на последних, где плотность тока в 2 раза меньше. Время нагрева в таком индукторе сокращается до 40%. Это позволяет уменьшить длину индуктора и увеличить темп нагрева. На МАЗ шаг навивки выполняют равномерным для всех секций, что значительно упрощает его изготовление.

При изготовлении и эксплуатации особое внимание необходимо уделять качеству изоляции витков секций. Это связано с тем, что при попадании окалины или стружки на витки в процессе нагрева происходит их пригорание и выход из строя всего индуктора. Изоляцию витков на МАЗ выполняют в три этапа: двойная пропитка с сушкой в бакелитовом лаке, обмотка киперной лентой в полнахлеста и окончательная пропитка и сушка в бакелитовом лаке.

Направляющие индукторов изготавливают из жароупорной трубки. Для повышения их долговечности возможна наварка на них полосы из нихрома или жароупорной стали. Количество направляющих (как правило, не более 3) зависит от диаметра заготовки. Следует учитывать, что потери энергии в направляющих составляют до 6% и увеличиваются с их количеством. Основные рекомендации при проектировании подобных индукторов заключаются в следующем:

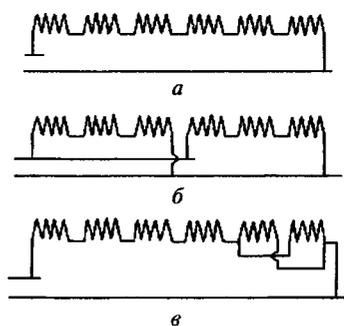


Рис. 3. Схемы соединения секций индуктора КИН, применяемые на МАЗ: а — последовательное соединение; б — параллельно-последовательное соединение; в — схема ускоренного нагрева заготовок

- количество секций и витков в них, способ их соединения, размеры профиля трубки должны обеспечить интенсивный и равномерный нагрев;

- внутренний диаметр витка выбирают для достижения наивысшего к.п.д. индуктора с учетом имеющегося в наличии размера керамической втулки (как правило, внутренний диаметр керамической втулки подбирается на 5—15 мм больше диаметра заготовки, а наружный диаметр керамической втулки на 5—8 мм меньше диаметра индукционного витка для обеспечения сборки);

- применяемые для изготовления расположенных вблизи индуктора деталей материалы должны обеспечивать необходимую стойкость и долговечность в условиях длительной работы при повышенной температуре;

- применяемые металлы для деталей индуктора, так же как каркаса и обшивки нагревателя, должны быть немагнитными для уменьшения их нагрева при работе;

- конструкция должна работать в условиях повышенной вибрации и загрязненности, характерных для кузнечного производства и быть ремонтно-пригодной.

Специальные установки для нагрева длинномерных заготовок

Для ряда длинномерных заготовок в кузнечном производстве используется сквозной локальный нагрев. При этом в индукторе в процессе нагрева находится одна заготовка. Ряд индукционных установок нагрева под гибку, высадку головок и другие операции, созданных и внедренных на МАЗ, заводах ПО "БелавтоМАЗ" и других заводах Беларуси, являются оригинальными разработками специалистов МАЗ. В табл. 2 приведены краткие характеристики таких установок.

Установка для индукционного нагрева заготовок длиной 3 м под завивку чизельного зуба культиватора. 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

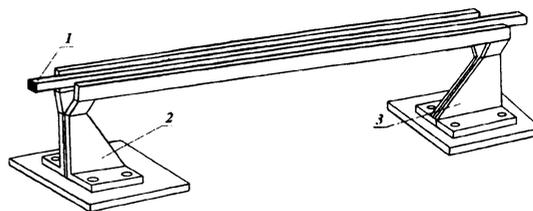


Рис. 4. Индуктор для нагрева заготовок чизельного зуба под навивку: 1 — заготовка; 2, 3 — токоподводящие шины индуктора

отдельным трансформаторам и соединяют их последовательно между собой. Схема индуктора показана на рис 4. Для предотвращения изгибания заготовки в результате теплового расширения заготовка имеет возможность свободно удлиняться в обе стороны. Загрузка заготовок в индуктор и передача их на позицию гибки производится в автоматическом режиме шаговым механизмом.

Высокая точность дозирования по электрическим параметрам и времени нагрева (± 1 с), равномерность нагрева по длине заготовки обеспечили высокую повторяемость геометрических параметров зубьев, высокая скорость нагрева — отсутствие окалины и обезуглероженного слоя на заготовках, поэтому последующая очистка заготовок не требуется. Созданная установка внедрена на заводе "Гидромаш" (г. Кобрин).

Установка для нагрева заготовок вала стабилизатора длиной 3 м и диаметром 45—65 мм из стали 40Х, 40ХН, 30ХГС под гибку конфигурации вала внедрена в кузнечном цехе Минского автозавода.

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. При этом на первой позиции происходит подогрев, а на второй позиции — окончательный нагрев до требуемой температуры. Установка запитана от сети высокочастотного питания, состоящей из преобразователей частоты ППЧВ 500/2400, включенных на параллельную работу. Наличие сменных индукторов позволяет производить нагрев целого ряда заготовок вала стабилизатора под гибку для всех семейств автомобилей МАЗ.

Таблица 2. Характеристики специальных установок для нагрева заготовок под деформирование

Установка	Размер заготовки, мм	Длина нагреваемой зоны, мм	Суммарная мощность установки, кВт	Время нагрева одной заготовки, с
Для нагрева чизельного зуба	30×30×3000	3000	250	12 ± 5
Для концевого нагрева	L = 256—1335 мм, диаметр 42—50 мм, всего 24 поковки	130—240	460—480	12 + 5
Для нагрева труб	Диаметр 65	100—120	140—160	20 ± 5
Для высадки шпилек	Диаметр 25	100—110	100	5+12
Линия гибки вала стабилизатора	L = 1550—1750 мм, диаметр 45—55 мм	Две зоны по 400 мм	340—360	105 ± 5
Для отжига вала стабилизатора	П-образная 970×330	Две зоны по 70 мм	70—80	120 ± 10

Нагрев в течение 3 мин головок вала стабилизатора из сталей 40Х, 40ХН или 30ХГСА с исходной структурой видманштетта после высадки до температур 750—800 °С и последующее охлаждение на воздухе обеспечивают получение мелкозернистой ферритно-перлитной структуры твердостью 250—270 НВ, что облегчает механическую обработку отжигаемых зон детали и обеспечивает высокое качество детали после окончательной термобработки.

Электрическое питание как КИН, так и установок (табл.3), за исключением установки для высадки шпилек, производят от преобразователей ВГВФ-1500/2,4 и ППЧВ-500/2,4 с рабочей частотой 2400 Гц. Одноименные генераторы включены параллельно в единую высокочастотную сеть с выводом на общие шины. Эта схема работы генераторов позволяет рационально и экономично использовать имеющиеся мощности.

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 до 30—32 мм при длине нагреваемой зоны от 25 до 70 мм. Для этих целей на участке горячего выдавливания агрегатного цеха МАЗ расположено 11 рабочих постов в составе кривошипного прессы типа КГШП (6 шт. — усилие 100 т; 4 шт. — 160; 1 шт. — 250 т). Стандартными однопозиционными установками ТВЧ типа И32, И33, И34, ранее выпускаемыми серийно заводом "Дагэлектротерм" (г. Избербаш), или подобными установками, разработанными и изготовленными на МАЗ, снабжены девять постов. На двух рабочих местах нагрев заготовок под выдавливание тройников и угольников производят на нагревателях КИН-100 длиной 500 мм конструкции МАЗ. На этом участке в 2000 г. было изготовлено 9,5 млн заготовок с объемом 1870 т в год более 180 наименований деталей. Индукционные установки ТВЧ и КИН

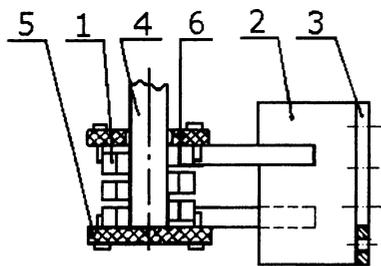


Рис. 5. Типовой индуктор для нагрева заготовок под выдавливание: 1 — индукционная катушка; 2 — токоподводящие шины; 3 — колодки крепления к трансформатору; 4 — нагреваемая заготовка; 5 — нижняя плита; 6 — верхнее центрирующее кольцо

запитаны от преобразователей ОПЧ250/10 с рабочей частотой 10 000 Гц, включенных в локальную сеть суммарной мощностью 1000 кВт. Средняя производительность одного нагревательного поста составляет 600—650 шт./ч или 120—130 кг/ч.

Спроектировано 18 типов различных индукторов, самый распространенный из которых представляет собой (рис. 5) 2—4-витковую индукционную катушку 1, изготовленную из спрофилированной медной трубки различного сечения. Катушка приварена к медным шинам 2 с колодками 3, в которых просверлены отверстия 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, устойчивого к многократным контактам с нагретым до ковочных температур металлом. Для всех индукторов одинаковы размеры колодок, диаметр и взаиморасположение крепежных отверстий, расстояние от плоскости крепления колодки до оси заготовки в индукторе. Индукторы взаимозаменяемы, ремонтнопригодны, долговечны.

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.

При отладке рациональных режимов нагрева заготовок для уменьшения токов, проходящих по подводным кабелям и элементам установки, достижения наивысшего к.п.д. и скорости нагрева необходимо выполнять согласование коэффициента трансформации и емкости электрических конденсаторов установки. При этом следует руководствоваться показаниями фазометра ($\cos \phi$). При включенном нагреве значение $\cos \phi$ должно быть близко к 1 или составлять 0,95—0,1 емк. При большем (0,5—0,9) емкостном значении коэффициента ϕ следует уменьшить емкость подстроечных конденсаторных секций либо снизить коэффициент трансформации на понижающем трансформаторе, при этом снимаемая мощность на индукторе увеличится. При $\cos \phi$ менее 0,9 емк идет перегрузка генератора по току, при $\cos \phi$ менее 0,9 инд. — перегрузка генератора по току возбуждения. При количестве витков на индукторе более 5 следует соединить все или часть вторичных витков трансформатора на последовательную работу и провести согласование коэффициента трансформации и емкости электрических конденсаторов установки как описано выше.

Применение поштучного нагрева, наличие широкого спектра индукторов, быстрая и удобная переналадка оборудования позволяют быстро и экономично изготавливать заготовки различных деталей мелких и средних размеров.

Индукционный нагрев заготовок на Минском рессорном заводе

С помощью специалистов Минского автозавода на филиале МАЗ — Минском рессорном заводе в настоящее время освоены индукционные установки общей мощностью более 1200 кВт. Из них две уникальные установки, разработанные специалистами МАЗ, мощностью по 500 кВт используются для нагрева заготовок под прокатку переменного профиля малолистовой рессоры. Спроектированы и внедрены на МРЗ установки для нагрева заготовок малолистовой рессоры под навивку ушка, для нагрева под навивку ушка рессор пневмоподвески, для нагрева заготовок рессор под прошивку центровых отверстий.

Установки для индукционного нагрева заготовок малолистовой рессоры под прокатку и под навивку ушка. Длина нагреваемых под прокатку заготовок и соответственно рабочего окна индукторов составляет 1600 — 2750 мм, высота рабочего окна — 25 — 65 мм. Активная часть индуктора представляет собой соединенные последовательно или параллельно-последовательно овалы или прямоугольные витки, выполненные из медной водоохлаждаемой 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. Схема индукторов и расположение в них нагреваемых заготовок показаны на рис. 6. Установки запитаны от преобразователей частотой 4000 Гц и мощностью 500 кВт. Производительность установки составляет 15 — 20 листов/ч или 500 — 700 кг/ч.

Установка для нагрева заготовок рессор под прошивку центровых отверстий. Двухпозиционная установка позволяет производить сквозной нагрев полосы шириной до 50 мм в центре заготовок длиной от 0,8 до 1,8 м, расположенных горизонтально в щелевом двухвитковом индукторе поочередно на двух позициях по схеме "ожидание". Установка запитана от машинного генератора ВПЧ-100/8000, время нагрева на одной позиции 25—35 с при отнимаемой мощности 65—70 кВт.

Индукционные нагреватели конструкции МАЗ, используемые на Белорусском автомобильном заводе (БелАЗ).

На Белорусском автомобильном заводе (г. Жодино) внедрена установка для непрерывного индукционного нагрева плоских цилиндрических заготовок диаметром, превышающим длину. Проблема индукционного нагрева таких заготовок заключается в том, что под силовым воздействием электромагнитного поля и силы собственной тяжести заготовки стремятся в процессе нагрева принять горизонтальное положение. При этом если хоть одна заготовка принимает такое положение, проталкивание их через индуктор становится невозможным из-за заклинивания заготовок в индукторе.

Для предотвращения заклинивания заготовок в созданной установке индуктор с размещенными в нем направляющими расположен под углом к горизонтальной плоскости. Заготовки в процессе нагрева проталкиваются снизу вверх. При этом сила тяжести расположенных сверху заготовок препятствует их переворачиванию. Схема установки для нагрева плоских цилиндрических заготовок показана на рис. 7.

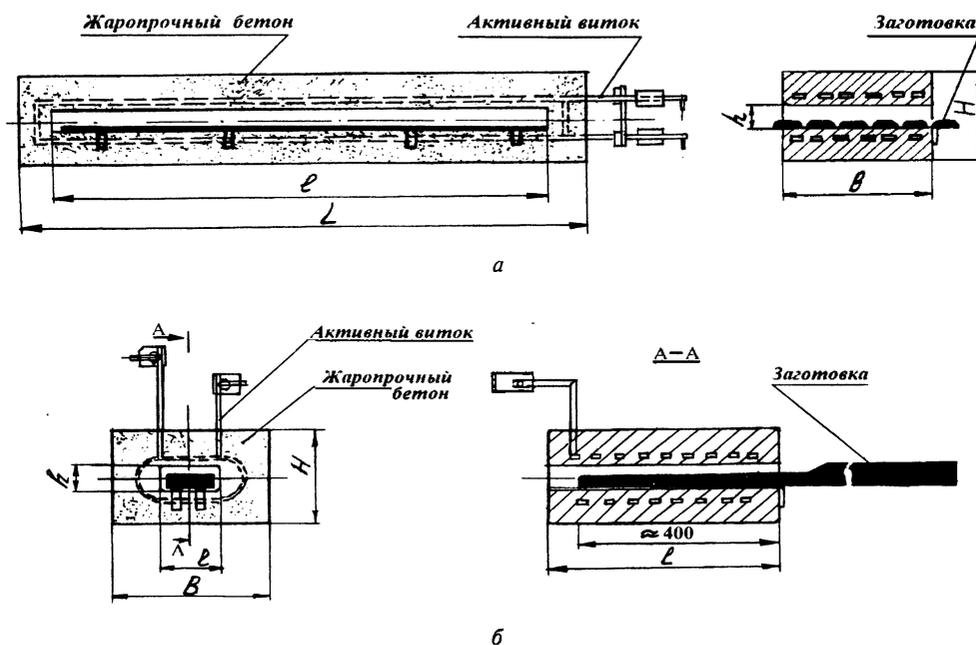


Рис. 6. Индукторы для нагрева заготовок рессорных листов: а — под прокатку; б — под навивку

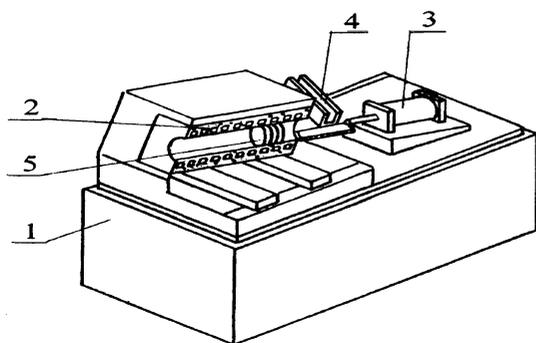


Рис. 7. Схема установки для нагрева плоских цилиндрических заготовок диаметром, превышающим длину: 1 — конденсаторный блок; 2 — индуктор; 3 — пневмоцилиндр толкателя; 4 — лоток загрузки; 5 — нагреваемая заготовка

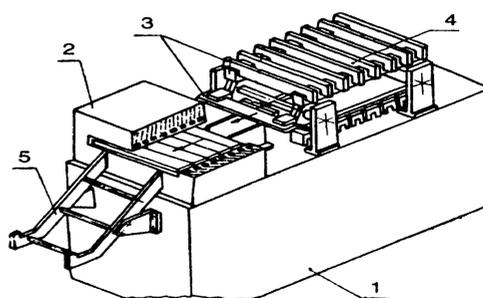


Рис. 8. Установка для индукционного нагрева заготовок типа пластин: 1 — конденсаторный блок; 2 — индуктор; 3 — нагреваемая заготовка; 4 — накопитель; 5 — лоток выгрузки

Также на БелАЗ внедрена разработанная специалистами МАЗ установка для индукционного нагрева заготовок типа пластин под пластическое деформирование (рис. 8). Она включает в себя конденсаторный блок, индуктор, накопитель заготовок, механизм загрузки в индуктор. В накопитель, представляющий собой бесконечную цепь с ячейками, заготовки укладывают на ребро. Ходом "вперед" пневмоцилиндра механизма загрузки заготовка, находящаяся в исходном положении для проталкивания, по направляющим пластинам проталкивается в индуктор. Заготовки, находящиеся в индукторе, перемещаются на один шаг к окну выгрузки, а крайняя заготовка из индуктора выталкивается. Ходом "назад" того же пневмоцилиндра накопитель перемещается на один шаг и ориентирует следующую заготовку для проталкивания в индуктор.

Благодаря компактному расположению пластин в накопителе и индукторе установка отличается малыми габаритами (1400×580×1100 мм) и высокой производительностью. При мощности питания 250 кВт и частоте 10 000 Гц производительность установки при нагреве пластин размерами 370×90×20 мм достигает 1000 кг/ч. Высокая скорость нагрева устраняет образование окалины и обезуглероженного слоя на заготовках, что позволяет снять операцию очистки после пластической деформации.

Индукционный и электроконтактный нагрев заготовок на кузнечном заводе тяжелых штамповок в г. Жодино

На кузнечном заводе тяжелых штамповок (КЗТШ) в г. Жодино при участии специалистов РУП "МАЗ" создан участок изготовления пружин с применением электроконтактного нагрева прутков длиной до 6 м и диаметром до 16 мм под навивку и нагрева пружин под закалку. Освоено производство пружин подпрессоривания и опрокидывания кабины автомобилей МАЗ и пружин амортизаторов легковых автомобилей. Заготовки перед навивкой подвергают шлифованию для устране-

ния обезуглероженного слоя и дефектов поверхности. 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. Температура нагрева под навивку — 750—800°C, время нагрева — 30 с. Охлаждение навитой пружины производят на воздухе. Благодаря высокой скорости и точности дозирования нагрева обезуглероженный слой и окалина на поверхности пружин не образуются, поэтому последующая очистка и механическая обработка не требуются. Структура пружины из стали 60С2 после навивки представляет собой сорбит твердостью 285 НRC.

Нагрев под закалку производят контактным методом до температур 930 — 960 °С от трансформатора аналогично нагреву под навивку. При этом также предусмотрено предотвращение ее деформации от теплового расширения. Время нагрева составляет 40 — 45 с. После завершения нагрева пружину помещают в специальное разъемное калибровочное приспособление, где она ограничена по диаметру для предотвращения от изгибания. В этом приспособлении нагретую до закалочной температуры пружину сжимают вдоль оси до заданной длины и погружают в закалочное масло. После закалки пружины из закалочного бака транспортером подаются в моечную машину и далее к отпускной шахтной печи. Процессы нагрева, закалки и мойки выполняются в автоматическом режиме. Структура пружины после закалки представляет собой мелко- и среднеигольчатый мартенсит твердостью 58—64 НRC. После отпуска (540—580°C, 50 мин) структура представляет собой троостит отпуска твердостью 44—48 НRC.

На КЗТШ освоена также при помощи специалистов РУП "МАЗ" технология горячего выдавливания с применением индукционного нагрева крепежных изделий. Источником служит машинный генератор ВПЧ-100/8000.

Применение индукционного нагрева для плавки металла в литейном производстве

Индукционный нагрев при изготовлении стальных отливок на МАЗ начали применять с момента введения в строй участка специального литья по выплавляемым моделям. В 1964 г. при индукционной плавке было произведено 601 т точного стального литья. С 1978 по 1990 г. объем таких отливок вырос до 1200 т и 217 наименований. В последние годы тенденция к росту объема индукционного нагрева при выплавке металла возобновилась. Так, в 2001 г. произведено 594 т точного стального литья по выплавляемым моделям отливок 165 наименований, а в 2002 г. запланировано производство их более 600 т.

Участок точного литья оснащен десятью печами типа ИО102, запитанными от тиристорных преобразователей частоты ТПЧТ100 и ТПЧТ120 производства завода "Электромеханика" (г. Ржев, Россия). Многолетняя эксплуатация показала высокую надежность этого оборудования и высокое качество производимых отливок.

В литейной лаборатории ЦЗЛ УГМет с использованием индукционного нагрева ТВЧ освоено производство более 30 наименований литых заготовок штампов кузнечного производства.

В условиях цеха ковкого чугуна МАЗ отработана технология изготовления высокопрочного чугуна с шаровидным графитом методом внутриформенного модифицированием и начато производство сложных картерных отливок из него. Существующие мощности по плавке чугуна на электродуговой печи ДСП5МТ позволяют производить не более 2,5 тыс. т отливок из ВЧ. Концепция перевооружения цеха ковкого чугуна МАЗ предусматривает полное перепрофилирование его на производство отливок из высокопрочного чугуна марок ВЧ45 и ВЧ50 с ликвидацией ваграночной плавки и самого производства ковкого чугуна. Освоение среднечастотных высокоэкономичных индукционных печей фирмы EGES создаст мощности по индукционной плавке объемом 18 тыс. т

в год. Освоение индукционной плавки позволит снизить расход электроэнергии при производстве отливок из ВЧ с 1000 — 1100 кВт·ч на 1 т при плавке на электродуговой печи до 600 — 700 кВт·ч при индукционной плавке.

Термообработка стальной литой дроби

На МАЗ созданы и используются оборудование и технология термообработки стальной литой дроби при индукционном нагреве. Особенности технологии производства, режимы обработки, структура и свойства стальной литой дроби МАЗ рассмотрены в журнале "Литье и металлургия". 2001. № 4. С. 58—61. По скорости обработки и энергосбережению эта технология превосходит зарубежные аналоги. Время термообработки при индукционном нагреве сокращается с 1—2 ч при печном нагреве до 3—5 мин. Стойкость термообработанной дроби при этом увеличивается от 3 до 5 раз по сравнению с литым состоянием. Четкое регулирование скорости и температуры нагрева на созданном оборудовании позволяет отказаться от выплавки специальной стали для производства дроби и использовать для ее производства плавки любого состава. При этом для дроби любого состава обеспечивают заданную твердость. Производительность установки — 0,6—0,8 т/ч.

Выводы

Благодаря возможности регулирования температуры и скорости нагрева, высокому качеству заготовок, отсутствию обезуглероженного слоя, окалины и угара, высокой культуре производства и экономии топливно-энергетических ресурсов индукционный и электроконтактный нагрев металла под термообработку деталей, пластическое деформирование заготовок и плавку металла при производстве отливок с каждым годом получает все более широкое применение. Созданное на МАЗ оборудование для индукционного и электроконтактного нагрева может быть рекомендовано для широкого применения на машиностроительных предприятиях.