

НА ПУТИ К НОВОМУ УРОВНЮ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

*С.А. Астапчик, академик, зав. отделом «Металловедение»,
Физико-технический институт НАН Беларуси*

Уважаемые участники международной научно-технической конференции «Технологии, оборудование, автоматизация, неразрушающий контроль термических процессов на машиностроительных предприятиях»!

От имени Организационного комитета и Национальной академии наук Республики Беларусь разрешите вас приветствовать и пожелать успехов в обсуждении наиболее актуальных проблем термической обработки машиностроительных изделий.

Сегодня трудно себе представить техническую цепочку любого предприятия машиностроительного профиля без оборудования, технологической оснастки, автоматизации и неразрушающего контроля процессов термического упрочнения, а процессы нагрева под прокатку, формовку, штамповку, гибку, пайку — без токов высокой частоты.

Только на Минском автомобильном заводе индукционный нагрев применяют для термообработки деталей и узлов более 900 наименований. Сегодня МАЗ и МТЗ по уровню разработок и созданию технологий оборудования и оснастки занимают лидирующее положение не только в Беларуси, но и среди предприятий стран СНГ.

Достаточно сказать, что закалка ТВЧ обеспечивает огромную экономию энергоресурсов, повышения качества термообработки и производительности.

Закалке ТВЧ подвергаются зубчатые колеса (ведомые и ведущие), коленчатые и распределительные валы, полуоси, валы стабилизатора, ступицы колесной передачи, направляющие станин станков, длинномерные прутки и трубчатые полуфабрикаты.

Надеемся, что участники конференции обменяются новинками в технических подходах по созданию и применению новых методов и технологических процессов, оборудования термической и химико-термической обработки, приборов контроля и ряду других проблем, сопутствующих обновлению станочного парка, средств автоматизации и контроля процессов термообработки, применения новых материалов.

Необходимо также отметить, что научно-техническая конференция, организованная совместно министерством промышленности, Национальной академией наук Беларуси, Минским автозаводом непосредственно на промышленном предприятии и с участием широкого круга технических специалистов предприятий машиностроения, играет огромную роль в подготовке специалистов нового поколения: технологов, энергетиков, контролеров, которые в тяжелейшие годы реорганизации производства сменяют старшее поколение и поднимут технологию упрочнения и неразрушающего контроля на качественно новый уровень.

ПОВЫШЕНИЕ СВОЙСТВ СТАЛЬНОГО ТРУБНОГО ПРЯМОУГОЛЬНОГО ПРОКАТА ПУТЕМ ЕГО ТЕРМООБРАБОТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

*В.А. Гуринович, П.С. Гурченко, д-р техн. наук, А.И. Михлюк, канд. техн. наук
Минский автомобильный завод*

В настоящее время производство автомобильной техники для перевозки пассажиров является перспективным направлением в деятельности Минского автомобильного завода. Повышению технического уровня автобусов и троллейбусов, качеству их изготовления на предприятии постоянно уделяется высокое внимание. Одним из ответственных

узлов автобусов и троллейбусов МАЗ, во многом определяющим долговечность изделия в целом, является его сварной каркас, изготавливаемый из профильных электросварных прямошовных труб, получаемых способом холодной деформации по ГОСТ 13663 – 86. Данные трубы изготавливаются из горячекатаной рулонной полосы стали 20пс по

ГОСТ 1050-88 и поступают на изготовление каркаса в нетермообработанном состоянии.

Микроструктура данного материала характеризуется исходно деформированной мелкой и среднезернистой структурой (зерно от №7 до №9) с наличием структурно свободного цементита 2 – 4 балла по ГОСТ 5640 – 68. Кроме того, степень деформации структуры неравномерна по сечению — наибольшая по месту изгиба и наименьшая по боковой стенке. Сталь с такой структурой обладает повышенной прочностью, но недостаточной пластичностью и склонна к хрупкому разрушению как от ударного механического воздействия, так и от знакопеременных динамических нагрузок в процессе эксплуатации. Для полноценного и эффективного использования данного материала необходимо существенное повышение его пластичности, которое возможно обеспечить термической обработкой. Из опыта исследований во ВНИИТВЧ им Вологодина, (г. С-Петербург) и экспериментальных работ, выполненных на РУП «МАЗ», установлено, что наиболее эффективной термообработкой в данном случае является индукционная, которая позволяет не только повысить пластичность, но и варьировать свойства обрабатываемого материала в широких пределах. Индукционная термообработка заключается в нагреве трубы до температуры 720 – 800 °С при перемещении ее через 2-х – 3-х витковой индуктор с постоянной скоростью. В качестве источника ТВЧ использовали машинный преобразователь частотой 8000 Гц и мощностью 100 кВт. На опытной установке, которая показана на рис.1, выполнена термообработка с применением индукционного нагрева труб в расчете на изготовление каркасов двух автобусов. Температура нагрева составляла 780 – 800 °С. Охлаждение нагретой в индукторе трубы осуществляли до комнатной температуры на спокойном воздухе. На рис 2. показано изменение твердости на стенке трубы и радиусе изгиба до и после термообработки. Как видно на рис. 2, термообработка профильной трубы по такому режиму позволила снизить твердость как в зонах максимальной пластической деформации (в зоне изгиба), так и твердость стенок трубы.

Параметры термообработки: источник ТВЧ — машинный генератор ВПЧ-100/8,0 (мощность — 100кВт, частота — 8000 Гц); потребляемая мощность — от 40 до 70 кВт (в зависимости от профиля трубы); производительность — 0,3 - 0,5 погонных метров в минуту; температура нагрева — 780-820°С; охлаждение — на воздухе; расположение трубы при термообработке — горизонтальное.

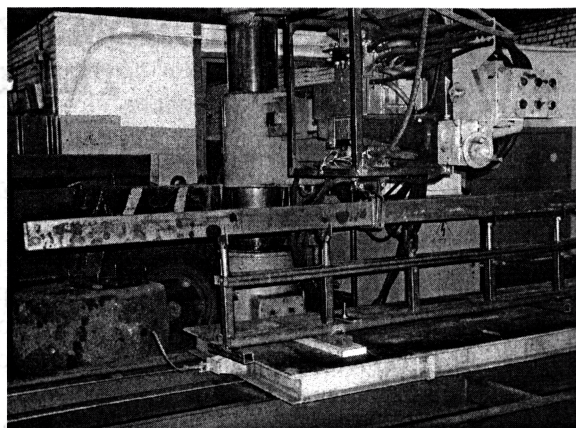


Рис. 1. Индукционная термообработка труб каркасов автобусов

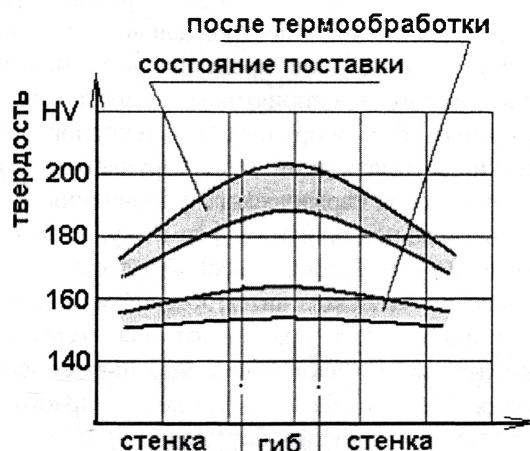


Рис 2. Распределение твердости на трубе до и после термообработки

Вторым положительным эффектом данной термообработки является исправление структуры, заключающееся в устранении структурно свободного цементита. На рис.3. представлена микроструктура (× 1000) прямоугольной трубы размерами 60х40х3 из стали 20пс по ГОСТ 1050-88, которая была подвергнута индукционной термообработке на различную температуру.

Как видно из рис. 3 нагрев до температуры 780-800 °С позволяет устранить структурно-свободный цементит по границам зерен, который способствует хрупкому излому изделий при приложении механических воздействий в процессе изготовления каркасных конструкций и их эксплуатации.

Проведены сравнительные испытания физико-механических свойств труб в стадии поставки и после индукционной термообработки. Испытания проводили на образцах (рис.4) из труб 30×20×2 из стали 20пс. Результаты приведены в табл.1.

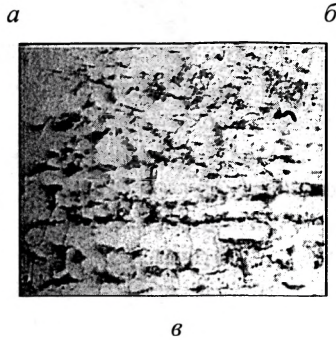
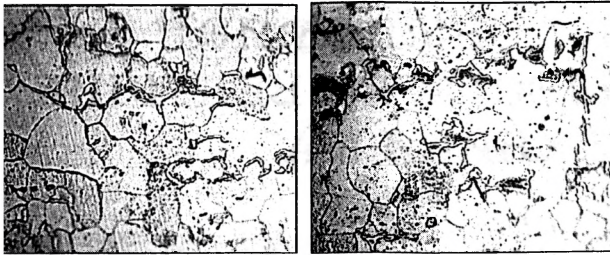


Рис. 3. Структура стали 20пс, формируемая индукционной термообработкой: а — нагрев 650 – 680 °С (феррит, перлит пластинчатый зерно № 8,7 по ГОСТ5639-82, структурно-свободный цементит по границам зерен 3 – 4 балл по ГОСТ 5640-68); б — нагрев 720 – 750 °С, (феррит, перлит пластинчатый зерно № 8,7 по ГОСТ5639-82, структурно-свободный цементит 2 балл по ГОСТ 5640-68); в — нагрев 780 – 800 °С (феррит, перлит пластинчатый, зерно №8,7 по ГОСТ 5639-82, цементит структурно-свободный отсутствует)

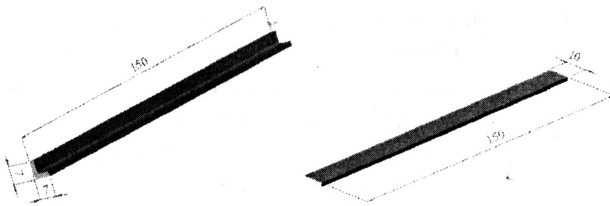


Рис.4. Внешний вид образцов из труб, подвергнутых испытаниям: 1 — образец, вырезанный из зоны изгиба прямоугольной трубы, 2 — образец, вырезанный из боковой стенки трубы

Результаты механических испытаний образцов из труб каркаса автобуса МАЗ

Тип образца	Термо-обработка	Твердость HB5/750/10	Временное сопротивление, σ_b , МПа	Относительное удлинение δ_5 , %
1	В состоянии поставки	174	520	23,2
2	В состоянии поставки	169	495	29,2
1	Нагрев ТВЧ	152	400	41,2
2	Нагрев ТВЧ	149	430	39,6

Таблица 1

Кроме того, были проведены сравнительные испытания на растяжение образцов труб в состоянии поставки, и после термообработки. Результаты испытаний представлены в табл. 2. На рис.5 представлен внешний вид труб до и после термообработки, прошедших испытания на растяжение.

Таблица 2

Результаты испытания отрезков труб каркаса автобуса МАЗ на растяжение

Труба	Расчетная длина l_0 , мм	В состоянии поставки		После ТВЧ	
		σ_b , МПа	δ , %	σ_b , МПа	δ , %
80×40×3 п. 28702	150	424	25	395	35,8
80×40×3 п. 28703	150	420	23,6	400	41,2
40×30×2 п. 47560-1	95	424	23,3	400	38,2
60×40×3 п.39316	80	425	19,5	397	27,7

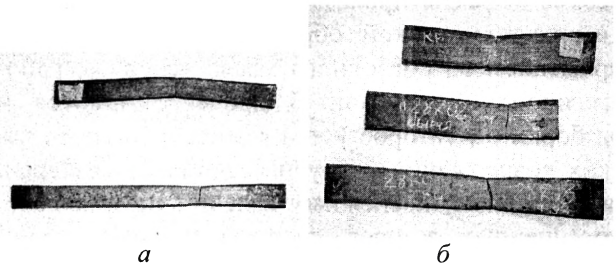


Рис. 5. Внешний вид труб, прошедших испытания на растяжение: сверху — труба в состоянии поставки, внизу — труба после термообработки: а — сечение трубы – 40×30×2 мм, б - 60×40×3 мм

Из анализа представленного материала видно, что термообработка с применением индукционного нагрева обеспечивает увеличение пластичности (относительное удлинение δ , %) в среднем на 42-48%. Прочность при этом практически не изменяется.

Полученные в результате проведенных опытно-исследовательских работ положительные результаты позволили разработать технологию термообработки с применением индукционного нагрева стального трубного прямоугольного проката.

Из труб, прошедших термообработку, были сварены два каркаса и изготовлены автобусы, которые переданы потребителям в РБ для проведения дорожных испытаний.

В настоящее время выполнены проектные работы полуавтоматической индукционной установки для термообработки фасонных труб всей номенклатуры автобусного производства и ведутся работы по изготовлению оборудования.