

СЕКЦИЯ 1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ И ЭКОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 622.782.4:622.341.15

А. А. Абрамова, Б. П. Юрьев

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОТЖИГА ТРУБ ИЗ СТАЛИ ШХ15 В КАМЕРНОЙ ПЕЧИ

Аннотация. Проведены исследования на камерной печи с подподовыми топками с целью изучения существующей технологии отжига горячекатаных труб из стали ШХ15 и разработки мероприятий по усовершенствованию конструктивных и режимных параметров термообработки труб из шарикоподшипниковой стали. Определено распределение температур в садке и показано, что существующий график отжига не позволяет получать трубы удовлетворительного качества так как не учитывает недогрева нижних труб в садке. Предложен скорректированный график отжига, позволяющий обосновано выбирать необходимое время нагрева, выдержки и охлаждения садки труб при соответствующих температурах и обеспечивать получение стали с требуемыми свойствами. Рассмотрен вариант реконструкции камерной печи, позволяющий в результате интенсификации процессов теплообмена значительно сократить продолжительность процессов нагрева и охлаждения труб и повысить качество отжигаемых труб. Результаты работы представляют определенный интерес для специалистов, занимающихся вопросами термообработки шарикоподшипниковых сталей.

Ключевые слова: сталь ШХ15, камерная печь, отжиг, садка, твердость, микроструктура, график отжига, качество, трубы, исследования.

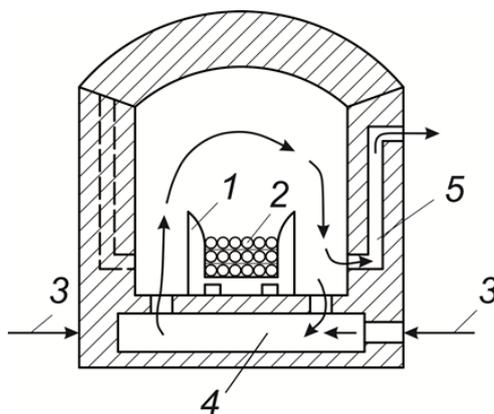
Abstract. Research has been carried out on a chamber furnace with underfloor furnaces in order to study the existing technology for annealing hot-rolled pipes from ShKh15 steel and to develop measures to improve the design and operating parameters of heat treatment of pipes made of ball bearing steel. The distribution of temperatures in the cage was determined and it was shown that the existing schedule of annealing does not allow obtaining pipes of satisfactory quality, since it does not take into account the underheating of the lower pipes in the cage. A corrected annealing schedule is proposed, which makes it possible to reasonably choose the required heating, holding and cooling time of the pipe casing at appropriate temperatures and to ensure the production of steel with the required properties. A variant of the reconstruction of a chamber furnace is considered, which, as a result of the intensification of heat transfer processes, significantly reduces the duration of the heating and cooling processes of pipes and improves the quality of annealed pipes. The results of the work are of certain interest for specialists dealing with the issues of heat treatment of ball bearing steels.

Key words: steel ShKh15, chamber furnace, annealing, charge, hardness, microstructure, annealing schedule, quality, pipes, research.

Отжиг как один из методов термической обработки сталей находит применение в ряде отраслей промышленности, в том числе и в металлургии. Его променяют для снижения твердости сталей и для подготовки их структуры к дальнейшей термической обработке [1-5]. Развитие металлургии привело к появлению сталей с особыми эксплуатационными характеристиками. Они

применяются при изготовлении определенных изделий, которые должны обладать особыми качествами. Примером таких сталей служит подшипниковая сталь ШХ15, которая хорошо выдерживает воздействия высокой температуры. В промышленности сталь ШХ15 получила широкое, что связано с особыми эксплуатационными характеристиками, позволяющими применять металл при создании подшипников. Название стали связано с тем, что практически все подшипники изготовлены с использованием этого металла.

На Первоуральском Новотрубном заводе (ПНТЗ) отжиг труб из стали ШХ15 осуществляется в камерных печах с подподовыми горелками, расположенными вне рабочего пространства. Схема такой печи приведена на рисунке 1. Печь предназначена для высокотемпературного отжига на зернистый перлит [6-10]. Требования к микроструктуре и твердости стали ШХ15 после отжига определены ГОСТ 801-78. Годной считается сталь, имеющая структуру 1–4 балла по шкале №5 и твердости 179–207 по Бринеллю, что соответствует диаметру отпечатка 4,2–4,5 мм.



1 – бугель; 2 – отжигаемая труба; 3 – горелки; 4 – подподовые топки;
5 – каналы для удаления продуктов сгорания.

Рис. 1. Схема камерной печи для отжига труб из стали ШХ15

Печь имеет следующие размеры рабочего пространства: длина 9550 мм, ширина 2700 мм, высота 1460 мм. Количество газовых горелок 11. Печь отапливается природным газом с теплотой сгорания $Q_H^p = 33500$ кДж/м³. Размеры отжигаемых труб: длина 6,0–8,0 м, диаметр 60–160 мм. Масса 1 м трубы 10–100 кг, а 1 м длины садки 1200–3500 кг. Масса садки может изменяться от 10 до 20 т. Максимальная температура нагрева труб 900 °С. С помощью специальной машины садка подается в печь и выгружается из печи после отжига. Процесс отжига труб из стали ШХ15 заключается в нагреве садки до температуры 790 °С и последующем охлаждении. Режим нагрева и охлаждения в процессе отжига задается графиком отжига, приведенным в инструкции по термообработке труб. Температура в рабочем пространстве печи контролируется тремя сводовыми хромель-алюмелевыми термопарами, расположенными на 100–150 мм выше садки отжигаемых труб. Температура внутри садки при отжиге труб измеряется боковой термопарой, которая устанавливается между первым и

вторым рядами труб при трехрядной садке и между вторым и третьим рядами при числе рядов в садке четыре и более. Регистрация показаний термопар ведется двумя методами. Около 10 % всех отжигаемых труб садки подвергается проверке на коэрцитиметре, где контролируется твердость отожженной стали. Из передних концов контрольных труб вырезаются образцы для лабораторного анализа микроструктуры и твердости.

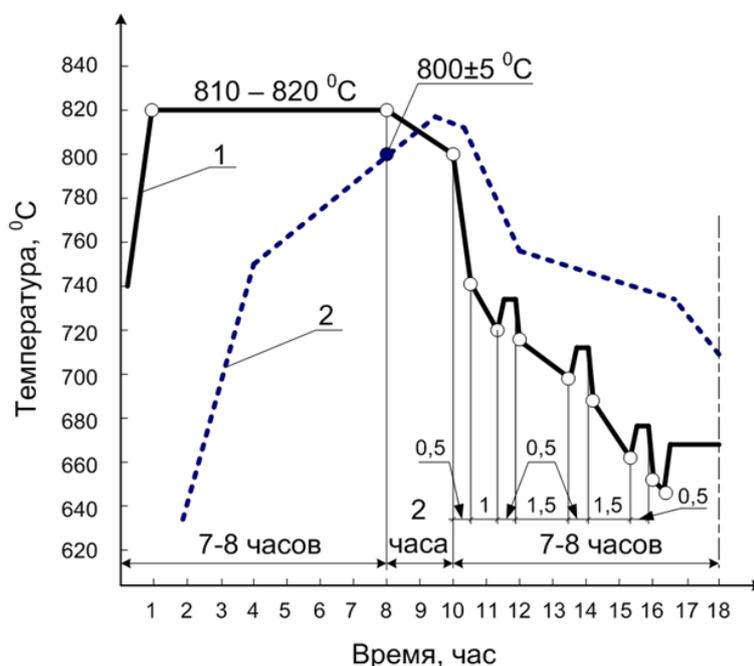
Практика эксплуатации камерных печей с подподовыми топками показала, что в процессе отжига труб из стали ШХ15 их качество в ряде случаев не соответствует принятым нормам как по микроструктуре, так и по твердости. Поэтому цель данной работы состояла в изучении причин неудовлетворительного отжига труб и разработке мероприятий, позволяющих оптимизировать как конструктивные, так и режимные параметры процесса отжига труб в камерной печи.

В процессе проведенных исследований изучены закономерности распределения температур по длине, ширине и высоте садки, а также в поперечном сечении садки по вертикали и горизонтали. Установлено, что существующий график отжига труб принципиально не позволяет получать удовлетворительного качества отжига из-за недогрева нижних труб садки как по микроструктуре, так и по твердости. Указанного недостатка при отжиге можно избежать только путем повышения температуры нагрева нижних труб садки не менее чем до 780 °С и выдержки при этой температуре не менее двух часов. Увеличение общей продолжительности отжига можно скомпенсировать повышением интенсивности нагрева и охлаждения, используя запас по температуре нагрева порядка 25–30 °С.

Установлена также неравномерность интенсивности охлаждения центральных и боковых труб в садке. Предложено длительность перерывов в подаче воздуха для выравнивания температуры сократить до 30 минут, а длительность подачи воздуха увеличить до 1,0–1,5 часа (в настоящее время соотношение длительностей обратное). С учетом всех предлагаемых изменений рекомендуемый график отжига труб из стали ШХ15 приведен на рисунке 2.

В работе предложено также изменить существующий порядок отбора образцов из труб в садке, по которым проводится определение твердости и микроструктуры стали ШХ15 после отжига, так как он является односторонним и не учитывает недогрева нижних труб в садке.

Представляет интерес предложение по реконструкции существующей печи с целью интенсификации теплообмена между греющими газами и садкой путем установки вентилятора в задней части печи, что обеспечит интенсивное перемешивание газов по всему объему. Греющие газы, засасываемые из печи вентилятором, через двойной свод подаются в переднюю часть печи. В результате создается замкнутый контур циркуляции греющих газов, часть из которых просасывается через трубы и обеспечивает нагрев каждой трубы с двух сторон, снаружи и изнутри. Ориентировочные расчеты показывают, что при этом можно ожидать сокращения длительности отжига на 4–5 часов. При этом повышается качество отжига и снижается расход топлива.



1 – график для сводовой термопары; 2 – график для боковой термопары.

Рис. 2. Рекомендуемый график отжига труб из стали ШХ15

Заключение. Приведены промышленные исследования на камерной печи с целью изучения существующей технологии отжига труб из стали ШХ15. Установлены причины некачественного нагрева и охлаждения труб в садке и несоответствия графика отжига требованиям температурного режима, приводящие к увеличению брака. Даны рекомендации по устранению выявленных недостатков, повышению качества отжигаемых труб и увеличению производительности камерных печей.

УДК 622.785

М. К. Авдеев¹, И. С. Берсенев²

¹ ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

² ООО «Научно-Производственное Внедренческое Предприятие ТОРЭКС» (ООО "НПВП ТОРЭКС"), г. Екатеринбург, Россия

МЕТОД КОНТРОЛЯ И КОНСТРУКЦИЯ МОДУЛЯ ОЦЕНКИ ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТИ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ НА АГЛОМАШИНЕ

Аннотация. На качество агломерата и экономические показатели его производства большое влияние оказывают газодинамические параметры агломерационной шихты. Целью данной работы служит разработка конструкции модуля оценки газопроницаемости агломерационной шихты на агломашине. Принцип его действия заключался в измерении