

УДК 54.03

**Шикова Татьяна Владиславовна**

Эксперт, ООО Южно-Уральский региональный  
технический центр «Промбезопасность»  
Россия, Челябинск  
prombez-chel@mail.ru

**Tatiana V. Shikova**

Expert, South Ural regional technical center  
"Industrial Safety"  
Russia, Chelyabinsk  
prombez-chel@mail.ru

**ПРОБЛЕМЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
ГНУТЫХ УЧАСТКОВ  
ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ ИЗ  
ХРОМОНИКЕЛЕВОЙ И  
ХРОМОМАРГАНЦЕВОЙ АУСТЕНИТНОЙ  
СТАЛИ**

**PROBLEMS OF HEAT TREATMENT BENT  
PORTIONS OF SUPERHEATERS OF CHROME-  
NICKEL AND CHROMIUM-MANGANESE  
AUSTENITIC STEEL**

**Аннотация**

В статье приведён обзор отдельных свойств аустенитной хромоникелевой стали, а также деталей, выполненных на ее основе.

**Ключевые слова:**

аустенитная хромоникелевая сталь

**Abstract**

The article gives an overview of the individual properties of austenitic chromium-nickel steel, as well as parts made on its basis.

**Keywords:**

austenitic chromium-nickel steel

Аустенитные хромоникелевые стали обладают высоким сопротивлением диффузионных процессов, что обуславливает достаточный уровень длительной прочности и сопротивления ползучести. Поэтому аустенитные стали типа 12X18H12T и 12X18H10T широко применяются в качестве материала пароперегревателей.

В условиях эксплуатации в металле пароперегревателей идут процессы, связанные с накоплением дислокаций, перераспределения легирующих элементов с выделением карбидов и интерметаллида FeCr ( $\sigma$ -фаза), а также взаимодействия металла с паровой и газовой средой. Все процессы протекают одновременно и взаимно влияют друг на друга, что обуславливает работоспособность аустенитных сталей.

На первых этапах эксплуатации в структуре стали присутствуют карбиды Ti(TiC), Cr( $M_{23}C_6$ ), которые выделяются как по границам зёрен, так и внутри зёрен. С увеличением времени эксплуатации в структуре стали появляются частицы  $\sigma$ -фазы. Выделение вторичных фаз является термически активируемым процессом. Активность диффузионных процессов зависит от гомогенности аустенита в исходном состоянии. При температуре аустенитизации 900-1000°C процесс рекристаллизации аустенита после холодной прокатки ограничивается первичной стадией зарождения рекристаллизованных зёрен, что обуславливает появление в стали очень мелкого зерна диаметром 1-20 мкм (8-10 балл по ГОСТ 5639-82). При температуре

аустенизации 1100°C и выше процесс рекристаллизации включает в себя обе стадии – зарождение зёрен и их рост. Температура аустенизации определяет и термическую стабильность аустенита. Соответственно, процесс выделения вторичных фаз является структурно-зависимым.

Помимо выделения вторичных фаз в структуре металла пароперегревателей наблюдается процесс миграции границ зёрен. Миграция границ приводит к появлению вдоль границ области, выявляемой при металлографическом исследовании более светлыми объёмами в виде двойных границ.

Интенсивность образования широкой приграничной зоны («двойных границ») зависит от структуры стали. Существуют кривые зависимости максимальной ширины «двойных границ» от температурно-временного параметра Ларсена-Миллера для мелкозернистой стали (8-10 балла) и среднезернистой (4-7 балла) стали. Процесс миграции границ зерен в мелкозернистой стали протекает весьма интенсивно, так что ширина приграничных объёмов становится соизмеримой с величиной зерна. В крупнозернистой стали этот процесс также имеет место, но в значительно меньшей степени.

Одной из основных причин повреждения аустенитных пароперегревателей является некачественная термообработка.

Гнутые участки пароперегревательных труб из аустенитных сталей изготавливаются путём холодной гибки. В аустенитных сталях холодная пластическая деформация оказывает значительное влияние на снижение жаропрочных свойств и соответственно вызывает преждевременное разрушение гибов. Так, разрушение холоднозагнутых гибов происходит через 5-10 тысяч часов эксплуатации. Отрицательное влияние холодной пластической деформации на жаропрочные свойства стали устраняется термической обработкой, основной целью которой является рекристаллизация наклёпанной матрицы. Аустенитные стали после термической обработки по режиму аустенизации обладают достаточно высокой структурной стабильностью в условиях эксплуатации, высокой жаропрочностью и достаточно длительной пластичностью.

Жаропрочные свойства хромоникелевых сталей в значительной степени зависят от величины зерна аустенита, которая определяется химическим составом стали и температурой нагрева при аустенизации. Металл с величиной зерна мельче 7 балла по ГОСТ 5639-82 обладает пониженными жаропрочными свойствами. Такие трубы

запрещены к использованию в эксплуатации. Крупнозернистая аустенитная сталь с величиной зерна 1-2 балла обладает пониженной длительной пластичностью. Поэтому техническими условиями ограничен интервал сдаточной величины зерна 3-7 баллом по ГОСТ 5639-82. Отклонение по величине зерна является браковочным признаком.

Оптимальной температурой аустенизации хромоникелевых сталей является 1100-1200°C. При этом происходит полная рекристаллизация наклепанной матрицы. Структурным критерием качества термической обработки гибов является отсутствие в структуре линий скольжения, а так же сдаточный бал зерна.

В конце 80-х годов ЦНИИТМАШ разработал новую экономно легированную хромомарганцевую сталь аустенитного класса 10X13Г12БС2Н2Д2 (ДИ-59). Разработка ДИ-59 преследовала как минимум две стратегические цели: удешевление котельных труб (сталь 12X18Н12Т все-таки дорогая) и продление срока их эксплуатации (в современных условиях, когда газ идет обеднённый, с большим содержанием серы, никелевая 12X18Н12Т значительно уступает марганцевой ДИ-59). Несмотря на довольно давнюю разработку данной стали, активно внедряется в производство она начала сравнительно недавно.

Так в 2009-2013 годах пароперегреватели, типоразмером 32x5 мм из стали ДИ-59 изготавливали для Тобольской ТЭЦ. Также как и для хромоникелевой стали, гнутые участки труб изготавливались путём холодной гибки. При этом возникала проблема термической обработки (аустенизации) гибов после холодной пластической деформации. Целью данной термической обработки также как и для хромоникелевых сталей являлось снятие наклёпа. Было проведено большое количество вариантов термической обработки с индукционным нагревом. Проблема заключалась в том, что при полном снятии наклёпа в стали, сохранялась разнотернистость по сечению трубы. Если удавалось достичь равномерного зерна, то в микроструктуре обнаруживались явления перегрева.

В результате был выбран оптимальный режим термической обработки: индукционный нагрев до температуры 1053-1060 °С и выдержка при этой температуре 6 секунд. При таком режиме наклёп стали снимался полностью, но сохранялась некоторая разнотернистость по сечению, которая составляла 3-4 балл по нейтральным волокнам гибок и 5-6 по растянутым и сжатым волокнам.

Таким образом, наряду с хорошо изученными хромоникелевыми сталями, для пароперегревателей котлов начинает использоваться хромомарганцевая сталь ДИ-59, правильность выбранного режима термической обработки которой покажет время.

### **Список использованной литературы**

1. Березина Т.Г. «Изменение структуры, свойств и накопление поврежденности при ползучести в теплоустойчивых сталях» Учебное пособие. Челябинск, ЧФ ПЭИ ПК, 1998 г.