Полянская И. Л., Белова Л. В., Устюгова Н. В., Стаселько О. Л.

I. L. Polyanskaya, L.V. Belova, N. V. Ustyugova, O. L. Staselko

ПРЕВРАЩЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО АУСТЕНИТА ПРИ НАГРЕВЕ СТАЛИ 95X18Ш

CHANGE OF RETAINED AUSTENITE ON HEATING STEEL 95X18Ш

Полянская Ирина Леонидовна – кандидат технических наук Уральского государственного университета путей сообщения (филиал в г. Тюмени) (Россия, Тюмень); 625008, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Калинина, 5. E-mail: polyanskaya_il@inbox.ru.

Ms. Irina L. Polyanskaya – PhD in Engineering of Ural State University of Railway Transport (Tyumen branch) (Russian, Tyumen); 625008, Tyumen region, Tyumen, 5 Kalinin str. E-mail: polyanskaya_il@inbox.ru.

Белова Лариса Владимировна – кандидат технических наук Тюменского индустриального университета (Россия, Тюмень). E-mail: klv.72@mail.ru.

Ms. Larisa V. Belova – PhD in Engineering of Tyumen Industrial University (Russia, Tyumen). E-mail: klv.72@mail.ru.

Устюгова Наталья Викторовна – старший преподаватель Тюменского индустриального университета (Россия, Тюмень). E-mail: unata72@mail.ru

Ms. Natalya V. Ustyugova – Senior Lecturer of Tyumen Industrial University (Russia, Tyumen). E-mail: unata72@mail.ru.

Стаселько Оксана Леонидовна – ассистент Тюменского индустриального университета (Россия, Тюмень). E-mail: staselkool@tyuiu.ru.

Ms. Oksana L. Staselko – Assistant Lecturer of Tyumen Industrial University (Russia, Tyumen). E-mail: staselkool@tyuiu.ru.

Аннотация. В статье представлены результаты исследований изменений микроструктуры углеродистой стали 95X18Ш резервуаров при нагреве. При исследовании превращений остаточного аустенита мы столкнулись с явлениями, которые объяснить пока не в состоянии. Поэтому мы описали превращения, которые испытывает остаточный аустенит, не вскрывая механизма этих превращений. Анализ полученных результатов исследований показал процессы рекристаллизации, изменение твёрдости, фона внутреннего трения аустенитной стали. Установлено, что особенности распада аустенита при отпуске будут определяться значением температуры, до которого производился нагрев при отпуске стали.

Summary. The article presents the results of studies of changes in the microstructure of carbon steel 95x18Sh tanks on heating. In the study of residual austenite transformations, we are faced with phenomena that are not yet in a state to explain. Therefore, in our article, we have made a description of the transformations that retained austenite undergoes without revealing the mechanism of these transformations. Analysis of the treated results of research showed recrystallization processes, changes in hardness, background of internal friction of austenitic steel. It has been established that the peculiarities of austenite decomposition on tempering will be determined by the temperature to which the heating was performed on tempering steel.

Ключевые слова: микроструктура, мартенсит, аустенит, отпуск, фон внутреннего трения, температура закалки, температура отпуска, твёрдость, мартенситные иглы, рекристаллизация, фазовый наклёп, карбиды.

Key words: microstructure, martensite, austenite, tempering, internal friction background, quenching temperature, tempering temperature, hardness, martensitic needles, recrystallization, phase hardening, carbides.

УДК 669.111.35:539.4.015

Введение

Температура закалки сталей для производства узлов механизмов трения и качения приводит к значительным изменениям структуры стали. Растёт аустенитное зерно, увеличивается количество микродефектов кристаллического строения, происходит перераспределение элементов, входящих в состав стали. Все эти факторы оказывают существенное влияние на долговечность и износостойкость механизмов.

Методика проведения исследований

Микроструктуру сталей исследовали на оптическом микроскопе Nikon ECLIPS MA100/MA100L. Шлифы изготавливались обычным методом. Травление производилось в 4 %-м спиртовом растворе азотной кислоты и в 20 %-м растворе соляной кислоты в зависимости от химического состава сталей.

Твёрдость закалённых и отпущенных образцов измерялась на приборе ТК-14-250 алмазным конусом по шкале HRC с нагрузкой 150 кг. Твёрдость измерялась не менее, чем в 5–7 точках на каждом образце.

Результаты исследований

Улучшение контактной прочности подшипников связано с распадом остаточного аустенита и его стабилизацией при дополнительном нагреве. В процессе исследований изучался переход остаточного аустенита в мартенсит.

Качественный анализ микроструктуры образцов стали 95X18Ш (см. рис.1), закалённых при температуре 1200 °С в течение 4 часов, показал, что структура исследуемой стали включает остаточный аустенит, в котором видны двойники и карбидные частицы.

Рис. 1. Структура стали 95X18Ш, закалённой при значении температуры, равном 1200 °С, в течение 4 часов: а – поперёк проката; б – вдоль проката

После отпуска стали при температуре 300 °С в течение 3-4 часов в структуре появляется большое количество мартенсита. Судя по травимости (чёрный цвет), это мартенсит отпуска.

Выделение мартенсита наблюдается и у стали, закалённой по режиму 1200 °С в течение 30 минут, что менее продолжительно по времени в отличие от стали, закалённой по режиму 1200 °С в течение 4 часов. Выделение мартенсита приводит к повышению твёрдости стали (см. рис. 2) [3; 4].

а)

б)

Рис. 2. Влияние температуры отпуска на твёрдость стали 95X18Ш, закалённой при различных значениях температур, равных:
а – 1200 °C (в течение 30 минут); б – 1200 °C (в течение 4 часов)

Это хорошо видно на фотографиях микроструктуры (см. рис. 3–5) и по характеру изменения твёрдости при отпуске при нагреве до температуры 300 °C.

Повышение температуры отпуска до 400 °C приводит к значительным изменениям в структуре стали. Мартенсит, который до этого был хорошо виден на рис. 3, а в виде чёрных иголок, ис-

чезает. На месте бывших мартенситных игл на фотографиях видны слабые следы в виде светлых игл (см. рис. 3, б), при этом твёрдость стали уменьшается.

а)

Увеличено в 120 раз

б)

Увеличено в 120 раз

Увеличено в 440 раз

Увеличено в 440 раз

Рис.3. Влияние отпуска на структуру стали 95Х18Ш,
закалённой при значении температуры, равном 1200 °С (в течение 4 часов):
а – отпуск при 300 °С; б – отпуск при 400 °С

При дальнейшем повышении температуры отпуска в стали начинает развиваться процесс собирательной рекристаллизации, который приводит к росту отдельных зёрен (см. рис. 4, а и 5, б). Развитие процесса рекристаллизации обусловлено, по-видимому, фазовым наклёпом, возникшим в результате превращений [3; 8].

а)

Увеличено в 120 раз

б)

Увеличено в 120 раз

Увеличено в 320 раз

Увеличено в 440 раз

Рис.4. Влияние отпуска на структуру стали 95X18Ш, закалённой при значении температуры, равном 1200 °С, в течение 4 часов:
а – отпуск при 450 °С; б – отпуск при 600 °С

При дальнейшем повышении значения температуры отпуска начинается распад остаточного аустенита, причём распад аустенита протекает следующим образом: вначале происходит выделение карбидов хрома; вокруг карбида образуется область с пониженным содержанием хрома, и в этих областях происходит распад остаточного аустенита (см. рис. 5б) [3; 11].

Вследствие выделения большого количества карбидов незначительно повышается твёрдость стали (см. рис. 2, а, б) [3; 11], при этом несмотря на высокую температуру отпуска в структуре стали ещё остаётся некоторое количество остаточного аустенита.

а)

Увеличено в 120 раз

б)

Увеличено в 120 раз

Увеличено в 320 раз

Увеличено в 440 раз

Рис.5. Влияние отпуска на структуру стали 95Х18Ш,
закалённой при значении температуры, равном 1200 °С, в течение 30 минут:
а – отпуск (при 300 °С); б – отпуск (при 400 °С)

Вывод

На состояние остаточного аустенита оказывают большое влияние температура закалки, длительность старения, которое имеет место при вылёживании образца при комнатной температуре после закалки до отпуска и т. д. Эти факторы необходимо учитывать при изучении превращений остаточного аустенита при нагреве [11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Курдюмов, Г. В. Превращения в железе и стали / Г. В. Курдюмов, Л. М. Утевский, Р. И. Энтин. – М.: Наука, 1977. – 273 с.
2. Усиков, М. П. Структурные превращения при низком отпуске углеродистого мартенсита / М. П. Усиков, Ф. Г. Хачатурян // Физика металлов и металловедение. – 1977. – Т. 43. – Вып. 3. – С. 554-561.
3. Отчёт по научно-исследовательской работе. Тема: «Исследование механизма образования, формы, размеров и площади карбидной фазы при обычном отпуске и тепловой обработке в вакууме на износостой-

- кость и долговечность шарнирных подшипников из стали 95X18Ш» / рук. В. А. Кораблев; исполн. В. А. Кораблев [и др.]. – Тюмень: Тюменский индустриальный институт (ТИИ) им. Ленинского комсомола, 1980. – 244 с.
4. Полянская, И. Л. Карбидная фаза стали 95X18Ш при обычном отпуске / И. Л. Полянская, Л. В. Белова, В. А. Кораблев // Путь науки. Международный журнал. – 2014. – № 8(8). – С. 70-72.
5. Белоус, М. В. Превращения при отпуске стали / М. В. Белоус, В. Т. Черепин, М. А. Васильев. – М.: Металлургия, 1973. – 230 с.
6. Лысак, Л. И. Физические основы термической обработки стали / Л. И. Лысак, Б. И. Николин. – Киев, 1975. – С. 95-98.
7. Криштал, М. А. Механизм диффузии в железных сплавах / М. А. Криштал. – М.: Металлургиздат, 1972. – 400 с.
8. Полянская, И. Л. Изучение процессов, протекающих в закалённых углеродистых сталях при низком отпуске: моногр. / И. Л. Полянская, В. А. Кораблев. – Тюмень: РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2015. – 80 с.
9. Новые материалы и технологии. Конструирование новых материалов и упрочняющих технологий / В. Е. Панин, В. А. Клименов, С. Г. Псахье [и др.]. – Новосибирск: ВО «Наука», 1993. – 152 с.
10. Кутсар А. Р. Изучение превращений при отпуске стали методом ЯГР / А. Р. Кутсар, Ю. А. Родионов, Г. Г. Исфандияров // Физика металлов и металловедение. – 1980. – Т. 49. – С. 645-648.
11. Полянская, И. Л. Изучение влияния температуры закалки на процессы, протекающие при отпуске углеродистых сталей / И. Л. Полянская, Л. В. Белова // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2016. – № IV-1(28). – С. 97-103.
12. Кораблев, В. А. Изучение начальных стадий карбидообразования при отпуске закалённых углеродистых сталей / В. А. Кораблев, Н. Л. Венедиктов // Термическая обработка, структура и свойства металлов. Межвузовский сборник. – 1985. – Вып. 10. – С. 60-65.