Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В. Караваев В.П.

Распад остаточного аустенита в стали У12 при обработке в магнитном поле

Донской государственный технический университет
(Россия, Ростов-на Дону)

doi: 10.18411/lj-02-2021-57

idsp: lj-02-2021-57

Аннотация

В статье проведен анализ влияния магнитного поля на процесс распада аустенита при отпуске стали У12. Влияние магнитного поля приводит к интенсификации процесса распада остаточного аустенита и более интенсивным выделением из аустенита карбидной фазы.

Ключевые слова: отпуск, магнитное поле, аустенит, мартенсит, закалка.

Abstract

In article the analysis of influence of magnetic field on process of disintegration of austenite at release of U12 steel is carried out. The influence of the magnetic field leads to an intensification of the decay process of residual austenite and more intense isolation of the carbide phase from austenite.

Keywords: vacation, magnetic field, austenite, martensite, hardening.

Отпуск — это процесс, который в конечном итоге влияет на структуру и свойства закаленной стали. Влияние внешнего воздействия магнитного поля на протекание различных фазовых превращений проявляется в изменении фазового состава, структуры и свойств конечного продукта превращения [1-9]. Необходимо учитывать изменения в структуре закаленной стали, вызванные действием магнитного поля во время охлаждения и отпуска, поскольку они во многом определяют результаты термообработки, которая представляет собой комбинацию закалки в магнитном поле с отпуском без поля и в поле.

Рисунок 1- Зависимость параметров структуры и количества остаточного аустенита стали У12 после закалки без поля (а) и в магнитном поле (б) от температуры отпуска: 1— отпуск без поля; 2 — отпуск в поле напряжённостью 1,4 МА/м

Результаты рентгеноструктурных исследований превращения остаточного аустенита стали У12 после закалки в воде от 1000°C (напряженность поля при закалке 1,64 МА/м) и отпуска в течение 1 ч показаны на рисунке 1. Можно видеть, что распад остаточного аустенита в условиях отпуска без перекрытия полей начинается при температуре порядка 125°C, достигает максимальной интенсивности при 230°C и заканчивается при 275–300°C. При температуре, соответствующей максимальной скорости распада (9,6 %°C), количество остаточного аустенита составляет 10 % от исходного содержания в закаленной стали 18 %. При повышении температуры отпуска период решетки и ширина исходного профиля линии дифракции рентгеновских лучей (РДЛ) (311) остаточного аустенита изменяются. Точные измерения параметра решетки показывают, что он уменьшается с увеличением температуры отпуска. Это может быть связано (по крайней мере, для исследуемой высокоуглеродистой стали) только с доминирующим влиянием процесса выделения непосредственно из аустенита карбидной фазы, так как другие факторы (ослабление жесткости мартенситного каркаса в результате распада мартенсита, образование остаточного аустенита α -фазы по бейнитному механизму) увеличение периода решетки. Увеличение ширины первичного профиля РДЛ остаточного аустенита, по-видимому, связано с возникновением концентрационной неоднородности по углероду при образовании карбидной и ферритной фаз, а также в связи с фазовым наклепом матрицы за счет роста кристаллов α -фазы по сдвиговому механизму [3, 8].

Влияние магнитного поля, как показывают экспериментальные данные, проявляется в интенсификации процесса распада остаточного аустенита и смещении начала превращения к более низким температурам. Наибольшее влияние магнитного поля происходит на начальных стадиях процесса. Например, при температуре отпуска 150 °C скорость превращения возрастает в 2,7 раза, а максимальная скорость распада при отпуске в поле отвечает температуре 200°C; распад остаточного аустенита, оставшегося под действием магнитного поля, полностью завершается при 250°C и времени отпуска 1 ч. Данные измерения параметров тонкой структуры также свидетельствуют об усилении процесса превращения аустенита, удерживаемого в магнитном поле.

Закалка стали У12 в магнитном поле приводит к изменению количества и структурного состояния остаточного аустенита, что отражается на развитии его превращения при отпуске. Видно, что максимумы скорости превращения в этом случае смещены в сторону более низких температур и составляют 215 и 180 °C после отпуска без поля и в магнитном поле.

Воздействие магнитного поля во время закалке или (и) отпуска приводит к интенсификации процесса распада остаточного аустенита. Влияние отпуска в магнитном поле возникает, с одной стороны, за счет более интенсивного выделения карбидной фазы из аустенита (если температура распада ниже точки Кюри карбида), а с другой стороны, из-за более сильного процесса мультипликативного зарождения α -фазы в микрообъемах матрицы с ферромагнитным ближним порядком. Для характеристики степени увеличения скорости кристаллообразования α -фазы в полной мере применимы оценки, сделанные для того же температурного интервала при рассмотрении бейнитного превращения из-за известного сходства механизмов этих реакций [10, 11].

Повышение склонности к распаду аустенита, остающегося после закалки в магнитном поле при отпуске без поля, по-видимому, связано с изменением его структурного состояния, вызванным увеличением фазового упрочнения, повышением уровня микронапряжений и вероятности образования дефектов упаковки при

деформации из-за большей полноты мартенситного превращения при закалке в магнитном поле.

1. Фокина Е.А., Завадский Э.А. Влияние магнитного поля на мартенситное превращение в стали // Физика металлов и металловедение. - 1963. - Т.16. - №2. - С. 311-313.
2. Долгачев Ю.В., Пустовойт В.Н., Филоненко И.О., Иванков И.В. К вопросу о моделировании процесса зарождения мартенсита на кластерах ферромагнитной природы // Вестник Донского государственного технического университета. - 2020. - Т. 20. - № 1. - С. 51-60.
3. Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В. Зарождение мартенсита в условиях сверхпластичности аустенита и воздействия внешнего магнитного поля // Известия Волгоградского государственного технического университета. - 2016. - № 2 (181). - С. 114-120.
4. Бернштейн М.Л. Термомагнитная обработка стали. – М.: Металлургия, 1968. – 95 с.
5. Pustovoi V.N., Dolgachev Y.V. Ferromagnetically ordered clusters in austenite as the areas of martensite formation // Emerging Materials Research. - 2017. - Т. 6. - № 2. - С. 249-253.
6. Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В., Рожкова В.М. Энергетические особенности образования зародышей мартенсита и кинетика гамма-альфа перехода при действии внешнего магнитного поля // Известия Волгоградского государственного технического университета. - 2015. - № 5 (160). - С. 131-135.
7. Кривоглаз М.А., Садовский В.Д. Закалка стали в магнитном поле. – М.: Наука, 1977. – 119 с.
8. Pustovoi V.N., Dolgachev Y.V. Special features of the structure of martensite formed by hardening of steel in magnetic field in the temperature range of superplasticity of austenite // Metal Science and Heat Treatment. - 2012. - Т. 53. - № 11-12. - С. 515-519.
9. Pustovoi V.N., Dolgachev Yu., Dombrovskii Yu.M. Use of the superplasticity phenomenon of steel for "internal" magnetic correcting a product // Solid State Phenomena. - 2017. - Т. 265. - С. 745-749.
10. Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В., Нефедов Д.В. Структурные особенности бейнитного превращения в магнитном поле // В книге: Актуальные проблемы науки и техники. 2020. Материалы национальной научно-практической конференции. Отв. редактор Н.А. Шевченко. - 2020. - С. 1783-1785.
11. Пустовойт В.Н., Ядрец Э.А., Нефедов Д.В., Долгачев Ю.В. Влияние магнитного поля в процессе бейнитного превращения аустенита // Тенденции развития науки и образования. - 2019. - № 56-1. - С. 63-67.