4. Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В. Особенности структуры мартенсита, полученного при закалке стали в магнитном поле в температурном интервале сверхпластичности аустенита // Металловедение и термическая обработка металлов. 2011. № 11 (677). С. 3-7.
5. 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.
6. Pustovoyt 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.
7. Пустовойт В.Н., Бровер А.В., Магомедов М.Г., Долгачев Ю.В. Сверхпластичность стали в температурном интервале Мд-Мн, как стимул для "внутренней" магнитной правки // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2006. № S6. С. 42-46.
8. Хусу А.П. Шероховатость поверхностей (теоретико-вероятностный подход)/ А.П.Хусу, Ю.Р.Витенберг, В.А.Пальмов. – М.: Наука, 1975. – 292 с.

Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В., Щербелева А.С.

Использование метода количественного структурно-фазового анализа для оценки фазового состава инструментальной стали

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

doi: 10.18411/lj-12-2019-06

idsp: ljjournal-12-2019-06

Аннотация

Статья на тему «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОЛИЧЕСТВЕННОГО СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ФАЗОВОГО СОСТАВА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ», 4 стр., 3 рис., 5 ист. В данной работе были рассмотрены вопросы касающиеся технологии термической обработки в магнитном поле. В частности, выполнен количественный структурно-фазовый анализ стали У12А и показано влияние на фазовые переходы внешнего магнитного поля.

Ключевые слова: магнитное поле, фазовый переход, термическая обработка, мартенситное превращение, закалка, отпуск.

Abstract

Article on the topic “USING THE QUANTITATIVE STRUCTURAL-PHASE ANALYSIS METHOD FOR EVALUATING THE PHASE COMPOSITION OF INSTRUMENTAL STEEL”, 4 pp., 3 fig., 5 source. In this paper, questions were considered regarding the technology of heat treatment in a magnetic field. In particular, a quantitative structural-phase analysis of U12A steel was performed and the effect of an external magnetic field on phase transitions was shown.

Keywords: magnetic field, phase transition, heat treatment, martensitic transformation, quenching, tempering.

Мартенситное превращение [1-4] лежит в основе технологических операций закалки и отпуска, которые являются основными способами получения высокопрочного состояния стали. При отпуске окончательно формируется структура и свойства закаленных сталей. В связи с этим представляет интерес влияние внешнего воздействия магнитным полем на протекание различных стадий этого процесса, условия реализации которого определяют особенности фазового состава, структуры и свойств. необходимо учитывать изменения в структуре, закаленной стали, обусловленные действием магнитного поля в процессе охлаждения [5-10], так как они во многом определяют результаты термической обработки, предусматривающей сочетание закалки в магнитном поле с отпуском без поля и в поле.

Для оценки влияния магнитного поля на формирование фазового состава после закалки и отпуска был выполнен количественный структурно-фазовый анализ (КСФА) сталей У12А. При этом для получения уравнений баланса и движения аддитивных характеристик и свойств сталей были использованы общепризнанная модель процесса структурных превращений при отпуске [12, 13].

Результаты КСФА сталей У12А после закалки без поля и в поле напряженностью 1,6 МА/м показаны на рисунке 1. Полученные данные наглядно иллюстрируют изменения в фазовом составе и распределении углерода по состояниям, вызванные действием магнитного поля, и свидетельствуют об усилении степени расслоения мартенсита по углероду в результате распада твердого раствора.

Рисунок 1. Диаграммы фазового состава (а) и распределения углерода (б) стали У12А: 1 – закалка без поля; 2 – закалка в магнитном поле напряженностью 1,6 МА/м

Усиление распада мартенсита при закалке в магнитном поле приводит к увеличению количества углерода, связанного с дефектами, для всех исследуемых сталей и образованию высокодисперсных частиц карбидной фазы в сплавах с температурой $M_n > 200\text{ }^\circ\text{C}$. Известно, что перераспределение углерода в мартенсите в процессе закалочного охлаждения обусловлено как высокой диффузионной подвижностью атомов углерода, так и плотностью и распределением дефектов кристаллического строения. Следовательно, воздействие внешним полем в процессе закалочного охлаждения, с одной стороны, снижает энергию образования мартенситного зародыша в матричной фазе, а с другой стороны, влияет на процессы роста кристаллов мартенсита. В результате такого действия магнитного поля превращение осуществляется по мультипликативному механизму, вследствие чего наблюдается усиление темпа реакции особенно в районе температуры M_n .

Таким образом, после закалки в магнитном поле увеличивается число препятствий, оказывающих барьерное действие при движении дислокаций. Характерно, что большинство этих препятствий полупроницаемые, что облегчает релаксацию «пиковых» напряжений путем эстафетной передачи деформации в соседние объемы. Совокупность структурных изменений после закалки в магнитном поле обеспечивает большой запас пластичности, что повышает реализуемую прочность в закаленном состоянии и делает возможным получение максимальной прочности при более низких температурах отпуска.

Также результаты КСФА закаленных сталей У12А после отпуска без поля и в магнитном поле ($H = 1,4\text{ МА/м}$) показаны на рисунках 2 и 3.

Рисунок 2. Диаграммы фазового состава (а) и распределения углерода (б) при отпуске стали У12А после заковки без поля:

1 – отпуск без поля; 2 – отпуск в магнитном поле

Рисунок 3. Диаграммы фазового состава (а) и распределения углерода (б) при отпуске стали У12А после заковки в магнитном поле напряженностью 1,6 МА/м:

1 – отпуск без поля; 2 – отпуск в магнитном поле

Полученные данные показывают торможение распада мартенсита и интенсификацию превращения остаточного аустенита под действием внешнего магнитного поля при отпуске закаленной стали. Следствием изменений структуры и фазового состава сплавов при термической обработке в магнитном поле являются наблюдаемые экспериментально изменения свойств [7, 11].

Распад остаточного аустенита в магнитном поле для высокоуглеродистых сталей протекает более интенсивно. Степень и темп мартенситного превращения остаточного аустенита при охлаждении от температуры отпуска инструментальных сталей увеличивается при наложении поля, что объясняется работой механизма мультипликативного зарождения на флуктуациях дальнего ферромагнитного порядка.

Изменения структуры и фазового состава при ТОМП определяют направление изменений механических свойств. Термическая обработка в магнитном поле обеспечивает уникальное сочетание свойств, когда одновременно с повышением сопротивления пластической деформации растет и сопротивление хрупкому разрушению. При этом наилучшие результаты получены при сочетании заковки в

магнитном поле с отпуском без поля. Характерным для этого режима является снижение температуры отпуска, при которой достигается максимум реализуемой прочности и повышение абсолютных значений характеристик прочности.

1. Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В. О природе мест зарождения мартенсита при закалке стали // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2019. Т. 62. № 2. С. 109-114.
2. Салынских В.М., Щербакова Е.Е., Арефьева Л.П. Улучшение механических свойств пружин из стали 65Г изотермической закалкой // Молодой исследователь Дона. 2018. № 2 (11). С. 77-80.
3. Степанов М.С., Домбровский Ю.М., Давидян Л.В. Структура, фазовый состав, механические свойства и износостойкость стали после микродугового борованадирования // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2019. Т. 62. № 6. С. 446-451.
4. Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В., Домбровский Ю.М., Корнилов Ю.А. О местах сдвигового образования зародышей при фазовых превращениях в стали // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2018. Т. 61. № 2. С. 114-119.
5. Счастливцев В.М., Калетина Ю.В., Фокина Е.А., Мирзаев Д.А. Влияние внешних воздействий и магнитного поля на мартенситное превращение в сталях и сплавах // Металловедение и термическая обработка металлов. 2016. № 5 (731). С. 3-9.
6. Гришин С.А. Повышение конструкционной прочности сталей термической обработкой в магнитном поле. - Ростов-на-Дону: Институт водного транспорта имени Г.Я. Седова – филиал «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова», 2015. - 81 с.
7. 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.
8. Счастливцев В.М., Мирзаев Д.А., Калетина Ю.В., Фокина Е.А. Природа влияния магнитных полей на температуру начала мартенситного превращения в сплавах железа // Физика твердого тела. 2016. Т. 58. № 2. С. 327-335.
9. Калетина Ю.В., Фокина Е.А. Влияние магнитного поля на количество остаточного аустенита в закаленных сталях // Металловедение и термическая обработка металлов. 2008. № 10 (640). С. 27-33.
10. Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В. Особенности структуры мартенсита, полученного при закалке стали в магнитном поле в температурном интервале сверхпластичности аустенита // Металловедение и термическая обработка металлов. 2011. № 11 (677). С. 3-5.
11. Белоус М. В., Черепин В. Т., Васильев М.А. Превращения при отпуске стали. М.: Металлургия, 1973. С. 100-104.
12. Курдюмов Г.В., Утевский Л.М., Энтин Р.И. Превращения в железе и стали М.: Наука, 1977. С. 54-59.

Репецкий Д.С.

О разработке интеллектуальной системы обеспечения безопасности движения транспортных средств

ФГБОУ ВО "Пермский национальный исследовательский политехнический университет"
(Россия, Пермь)

doi: 10.18411/lj-12-2019-07

idsp: ljjournal-12-2019-07

Аннотация

В статье рассмотрены проблемы подготовки водителей. Их низкая квалификация приводит к образованию большого количества дорожно-транспортных происшествий, что в свою очередь является причиной возникновения транспортных заторов. Решением проблемы может стать разработка интеллектуальной системы обеспечения безопасности движения транспортных средств. Её назначение моделирование дорожной ситуации в реальном режиме времени и информационная помощь водителю.

Ключевые слова: безопасность движения, дополненная реальность, управление автомобилем, помощь водителю.