3. Демин В.И., Ригер Т.В., Ломоносова Д.В. О результатах анализа производственного травматизма на предприятиях строительной отрасли// Тенденции науки и образования в современном мире. 2017. № 27-1. - с. 31-34.
4. Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В., Демин В.И., Козак Д.А. Идентификация опасностей производственного процесса на предприятиях строительной отрасли// Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич. журн. 2016. № 5. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/953>.
5. Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В., Демин В.И., Власенко Н.В. Совершенствование работы по охране труда на предприятиях по хранению и переработке зерна// Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич. журн. 2015. № 9. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/503>.
6. Ригер Т.В. Разработка системы управления охраной труда на малых предприятиях пищевого профиля/ Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В., Демин В.И., Истошина Н.Ю.// Известия высших учебных заведений. Пищевая технология, 2016. № 1. - с. 113-117.
7. Демин В.И. Опыт разработки системы управления охраной труда в вузе/Демин В.И., Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В.//В сборнике Экология и безопасность жизнедеятельности: сборник статей XIV Международной научнопрактической конференции. Под общей редакцией Селезнева В.А., Лушкина И.А. МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – с. 31 - 33.
8. Ригер Т.В. Система управления охраной труда вуза/ Ригер Т.В., Демин В.И., Сапрыкина Н.В.//В сборнике Дальневосточная Весна-2014: сборник статей 12-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности. Под редакцией И.П. Степановой И.П., Никифоровой Г.Е. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. – с. 120-123.
9. Ригер Т.В. Опыт внедрения системы управления охраной труда на различных предприятиях/ Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В., Демин В.И., Власенко Н.В.// Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич. журн. 2015. № 10. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/545>.
10. Демин В.И. Состояние производственного травматизма на малых предприятиях/ Демин В.И., Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В.//В сборнике Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Селезнева В.А., Лушкина И.А. МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – с. 22 - 25.
11. Ригер Т.В. Методика оценки профессионального риска методом использования коэффициента безопасности труда/ Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В., Демин В.И., Норман Л.В.// Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич. журн. 2016. № 5. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/960>.

Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В., Черняк А.

Особенности поведения трещин в стали 30ХГСА после закалки в магнитном поле

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

doi: 10.18411/lj-12-2019-05

idsp: ljjournal-12-2019-05

Аннотация

В данной статье рассмотрены особенности поведения трещин в стали после закалки в магнитном поле. Было проведено изучение траектории трещин, образующихся в тонких фольгах. Изучено влияние структурной составляющей на развитие трещины.

Ключевые слова: магнитное поле, закалка стали, трещина, структурный дефект

Abstract

This article discusses behavior of cracks in steel 30ХГСА after steel hardening in a magnetic field. The trajectory of cracks formed in thin foils was studied. The influence of the structural component on the development of the crack is studied.

Keywords: magnetic field, steel hardening, crack, structural defect

В настоящее время в машиностроении рассматривают работоспособность различных деталей и конструкций с позиции механики разрушения. Известно, что реальные конструкции часто имеют большое количество исходных дефектов

(включения, несплошности, микротрещины и тп.) которые в свою очередь, и обуславливают характеристики прочности и долговечности. Наличие таких дефектов может привести к катастрофическому разрушению конструкции, однако зачастую конструкция, имеющая ряд таких дефектов, служит очень долго без заметных признаков разрушения. Поэтому изучение процесса разрушения материала и определение его параметров, связанных с зарождением и развитием трещины, является очень важным [1, 2]

В процессе нагружения в условиях знакопеременного изгиба в материале образуется значительное количество вакансий, возникающих при пересечении дислокаций, а также при скольжении дислокаций с порогами. Объединение единичных вакансий с образованием поры (рисунок 1,а) происходит в плоскости скольжения. Под действием нормальных напряжений на поверхности микропор оседают вакансии, и в результате этого пора постепенно трансформируется в трещину (рисунок 1, б).

Рисунок 1 - Пора в изломе (а, $\times 1200$) и образование трещины из пор (б, $\times 500$) в стали 30ХГСА

Дальнейшее развитие трещин зависит от особенностей структурной организации стали и от факторов, препятствующих движению трещины. Было проведено изучение траектории трещин, образующихся в тонких фольгах. Параметры траектории таких трещин очень чувствительны к структуре [3] и могут характеризовать эффективность барьеров, препятствующих развитию трещины. Исследование было предпринято с целью характеристики структурных барьеров, возникающих при термической обработке в магнитном поле [4-7]. Для этого вычисляли автокорреляционные функции (АКФ) [8] отклонения траектории трещины от её средней линии и первой производной её траектории.

Наблюдения за трещинами в фольгах показали, что независимо от характера структуры трещины развиваются одинаково, то есть каждый их проход через внутренние поверхности раздела (границы кристаллов, пакетов, карбидные частицы, и т.п.) сопровождается изменением траектории (рисунок 2). Таким образом, изменение траектории трещины является случайным процессом и не зависит от вида термической обработки.

Рисунок 2 – Трещины в фольге стали 30ХГСА после закалки в масле $\times 10\,000$: а – в магнитном поле; б – без поля

Рисунок 3 - Автокорреляционные функции наклона микроучастков траектории трещины к её средней линии: 1 – обработка без поля; 2 – обработка в магнитном поле напряженностью 1,6 МА/м

Вычисленные АКФ отклонения траектории трещины от средней линии и первой производной её траектории (рисунок 3), которые характеризуют угловые параметры искривления следа трещины при её распространении в фольге, позволили оценить влияние ТОМП на статистические параметры микротрещины для стали 30ХГСА (таблица 1).

Таблица 1.

Статистические характеристики микротрещины длиной 6 мкм

Напряженность поля, МА/м	$\sqrt{K_x(0)}$	$\tau_x(0)$	$\sqrt{K'_x(0)}$	$\tau'_x(0)$
0	0.157 ± 0.03	1.4 ± 0.20	0.57 ± 0.04	1.0 ± 0.3
1.6	0.145 ± 0.03	1.2 ± 0.15	0.67 ± 0.03	0.6 ± 0.2

где $K_x(0)$ - величина среднего квадрата отклонения траектории трещины от её средней линии; $K'_x(0)$ - величина среднего квадрата тангенсов углов наклона траектории к её средней линии (характеризует большую или меньшую микроизвилистость трещины); $\tau_x(0)$ и $\tau'_x(0)$ - соответственно интервалы корреляции функции линейного отклонения и тангенсов углов наклона траектории трещины к её средней линии (характеризуют, на какое расстояние распространяется трещина под действием однажды подействовавшего на неё фактора).

Как видно из таблицы 1, у стали после ТОМП заметно изменяются все статистические параметры микротрещины. Согласно полученным данным, среднеквадратичные значения тангенса углов наклона микроучастков траектории трещины к её средней линии у стали после ТОМП возрастает до 0,67 против 0,57 при обработке без поля, что соответствует увеличению среднего значения модуля наклона траектории трещины с 29° до 34° . При этом интервал корреляции уменьшается с 1 до 0,6 мкм. Это свидетельствует о том, что после термической обработки в магнитном поле формируется структура обеспечивающая увеличение микроизвилистости трещины, которая характеризуется повышенной крутизной изгибов траектории в силу часто встречающихся на ее пути структурных барьеров.

1. Пустовойт В.Н., Гришин С.А., Зайцева М.В. Методика применения средств компьютерной графики для исследования течения нестационарных процессов в современном материаловедении // Вестник Донского государственного технического университета. 2011. Т. 11. № 5 (56). С. 676-682.
2. Пустовойт В.Н., Дука В.В., Долгачев Ю.В. Сценарий роста трещины в стали со структурой ферритно-мартенситного композита // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2017. № 10 (205). С. 118-121.
3. Бернштейн М.Л. Прочность стали / М.Л.Бернштейн. – М.: Металлургия, 1974. – 199 с.

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.