Пустовойт В.Н., Ядрец Э.А., Нефедов Д.В., Долгачев Ю.В.
Влияние магнитного поля в процессе бейнитного превращения аустенита

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

doi: 10.18411/lj-11-2019-16

idsp: lj-11-2019-16

Аннотация

Рассмотрены особенности бейнитного превращения под воздействием магнитного поля, кинетика изотермического распада аустенита в области температур промежуточного превращения, микроструктура и рельеф образцов из различных марок сталей.

Ключевые слова: аустенит, бейнит, магнитное поле, изотермическая выдержка, фазовые превращения.

Abstract

The features of bainitic transformation under the influence of a magnetic field, the kinetics of isothermal decomposition of austenite in the temperature range of the intermediate transformation, the microstructure and relief of samples from various steel grades are considered.

Keywords: austenite, bainite, magnetic field, isothermal exposure, phase transformations.

Как известно [1-4], магнитное поле влияет на физические и механические свойства металлов. Детальное исследование структуры позволяет понять характер процессов, которые происходят в стали при фазовых превращениях [5-8], механических воздействиях, влиянии магнитного поля [9-12], выявить роль химических и структурных факторов, влияющих на протекание этих процессов.

Воздействие магнитного поля на кинетику изотермического распада аустенита в области температур промежуточного превращения, может быть обнаружено методами измерения твердости и изучения микроструктуры. Влияние магнитного поля на изменение твердости после закалки в воде образцов из сталей 30ХГСА, 45Х и 65Г показано на рис.1.

Рис.1. Изменение твердости после закалки в зависимости от времени предварительной выдержки при температуре изотермического превращения 375°C (45Х, 30ХГСА) и 320°C (65Г): 1 – обработка без поля; 2 – обработка в магнитном поле напряженностью 1,64 МА/м

Более интенсивное снижение твердости при обработке в магнитном поле свидетельствует об увеличении скорости процесса распада аустенита и полноты превращения. Хотя на последних стадиях процесса наблюдается небольшое повышение твердости, которое не фиксируется при обработке без поля.

Результаты работ по исследованию микроструктуры образцов сталей, закаленных после нагрева и выдержки в изотермической ванне различной длительности (рис.2), позволяют сделать предположение о том, что наложение магнитного поля стимулирует бейнитный распад.

Рис. 2. Микроструктура образцов стали 45X, закаленных после нагрева до 860°C и изотермической выдержки при 375°C, $\times 450$: а, б – 10 с; в, г – 40 с; д, е – 80 с; ж, з – 120 с; а – г – без поля; д – з – в магнитном поле напряженностью 1,7 МА/м

Прекрасное соответствие между теоретическими предсказаниями и экспериментальными наблюдениями имеет место для структуры (мартенсит и бейнит), что делает возможным точно определить объемную долю бейнита, построить кривые, характеризующие кинетику превращения, например, точечным методом с 15-20 кадров при общем числе узловых точек 750-1000 (рис.3). Кинетические кривые на рис. 3 подтверждают гипотезу об иницирующем действии магнитного поля в процессе бейнитного превращения.

Рис. 3. Кинетические кривые при температурах бейнитного превращения 375°C (45X, 30ХГСА) и 320 °C (65Г): 1 – обработка без поля; 2 – обработка в магнитном поле напряженностью 1,64 МА/м

Экспериментальные кривые стали 65Г свидетельствуют о самоторможении процесса при определённой степени превращения и наложении перлитного распада, следующего за образованием нижнего бейнита. Следует отметить, что наблюдение поверхностного рельефа для всех исследуемых сталей при изотермическом распаде в магнитном поле и без него (рис.4) не подтверждает такого предположения.

Рис. 4. Образование рельефа на полированной поверхности образцов стали 65Г (а – без поля, б – в магнитном поле) и стали 45Х (в – без поля). Выдержка 10 мин при температуре изотермического превращения

Скорость роста кристаллов α -фазы медленная, но при исследовании образца стали 65Г после выдержки в течение 5 мин образуется рельеф практически по всей поверхности образца. Это означает что, распад по перлитному механизму, не сопровождающийся образованием рельефа, в этих условиях не происходит.

Разумно предположить, что при распаде аустенита в промежуточной области температур, происходящие изменения в кинетике превращения при включении магнитного поля, объясняются воздействием поля на процесс зарождения ферромагнитной α -фазы. При исследовании рельефа в магнитном поле визуально отмечается увеличение частоты зарождения, в результате чего структура рельефа оказывается дисперсной и фрагментированной (см. рис.4, б).

Рисунок 5 иллюстрирует характерные особенности структуры железоуглеродистых сплавов, в которых происходит увеличение степени дисперсности [12] при изотермической обработке в магнитном поле в температурном интервале образования нижнего бейнита.

Рис. 5. Микроструктура после изотермической обработки на нижний бейнит: а, б – сталь 18Х2Н4ВА; в, г – сталь 30ХГСА; д, е – ковкий ферритный чугун; ж, з – серый перлитный чугун (а, в, д, ж – без поля; б, г, е, з – в магнитном поле напряженностью 1,7 МА/м)

Следует отметить, что данные об изменении твердости сталей после закалки в зависимости от времени предварительной выдержки при температуре изотермического превращения 375°C (45X, 30XГСА) и 320°C (65Г) (см. рис.1), и результаты измерения микротвердости бейнита (табл.1) являются подтверждением изменения твердости. В интервале времени выдержки, соответствующему примерно середине превращения (сталь 45X, 65Г), скорость изменения твердости несколько замедляется, что можно предположить вызвано выделением карбидной фазы из аустенита. Под воздействием магнитного поля этого не наблюдается. Вероятно, интенсивное развитие $\gamma \rightarrow \alpha$ перехода в магнитном поле подавляет процесс образования карбидов непосредственно из матричной фазы. На последних стадиях реакции поле стимулирует процесс дисперсионного твердения α -фазы [12], возможно, из-за уменьшения химического потенциала железа в феррите, т. е. происходит своеобразное рафинирование ферромагнитной фазы под действием магнитного поля.

Таблица 1.

Влияние ТОМП на микротвердость нижнего бейнита

Сталь	Микротвердость Н ₁₀₀ бейнита при времени изотермической выдержки, с				Примечание
	300		300		
	Без поля	В поле	Без поля	В поле	
30ХГСА	4550±60	4180±70	4500±60	4550±50	Показаны доверительные интервалы при Р = 0,95 и n = 150
45Х	4380±50	4240±80	4080±60	4450±50	
65Г	6220±80	5820±100	6020±70	6230±90	

Эксперименты, выполненные на различных марках сталей, подтвердили, что магнитное поле при наложении его в процессе распада переохлажденного аустенита в температурной области образования нижнего бейнита вносит существенные изменения в кинетику фазового превращения, морфологию продуктов реакции и процесс карбидообразования, что значительно влияет на характеристики разрушения стали.

Соответственно, комплекс изменений в структуре стали при воздействии магнитным полем в интервале бейнитного превращения определяет сравнительную эффективность ТОМП для достижения равнозначных с обычной обработкой эффектов упрочнения при одновременном уменьшении склонности к хрупкому разрушению. Таким образом, дальнейшее изучение методов обработки стали в магнитном поле является важной научно-практической задачей.

1. Счастливец 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Счастливец В.М., Гундырев В.М., Зельдович В.И. О механизме мартенситного превращения в среднеуглеродистой стали и железо-никелевом сплаве // В книге: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИЧЕСКОГО МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ материалы XXIV Уральской школы металлостроителей-термистов. ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». 2018. С. 14-15.

6. Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В. К вопросу о местах зарождения мартенсита // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. № 23 (150). С. 110-114.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В., Арефьева Л.П., Филоненко И.О., Иванков И.В. Диспергирование структуры стали при закалке в магнитном поле // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2019. № 2 (225). С. 60-64.

Руденко Б.Д.

Влияние структуры цементно-древесного композита на его прочность

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф.

Решетнева

(Россия, Красноярск)

doi: 10.18411/lj-11-2019-17

idsp: lj-11-2019-17

Аннотация

Проведенные исследования показали, что прочность на растяжение зависит от величины сцепления компонентов, наличия пустот в композите, фракционного состава заполнителя, количества цемента.

Повышение прочности ЦДК при растяжении может быть достигнуто увеличением расхода цемента, уменьшением водоцементного соотношения, применением заполнителя с разным фракционным составом; обеспечением более прочного контакта между цементом и древесиной; цементное тесто должно покрывать не только поверхность частиц, но и находится между зернами заполнителя.

Ключевые слова: Цементно-древесный композит, вяжущее, твердение, цемент, фракционный состав, структура, прочность.

Abstract

According to the results of the study, it was found that at a density of 970 kg / m³ the complex of the best properties is: bending strength - 43 MPa; thickness swelling - 2%; water absorption - 0.1%; tensile strength perpendicular to the face - 16 MPa. To obtain such properties, the content of the components is: PP - 80% by weight; bark - 20% by weight. Differences in properties are practically not observed when using the bark of larch and pine bark.

Key words: Cement-wood composite, binder, hardening, cement, fractional composition, structure, strength.

Цементно-древесный композит – разновидность лёгкого бетона. Изготавливается из смеси органических заполнителей (дроблёных отходов деревообработки), вяжущего (обычно портландцемента) и воды. Для минерализации заполнителя и ускорения твердения цемента в смесь вводят различные добавки [1, 2, 3].