

компонентної шихти дорівнює, відповідно, 1,2 Вт/(м·К) та 2,1 Вт/(м·К). Найменше значення теплопровідності має коксовий дріб'язок, що у температурному діапазоні 200 – 1000 °С збільшується від 0,4 до 1,25 Вт/(м·К) і має наближені теплофізичні властивості до використовуваної синтетичної теплоізоляційної шихти. При дослідженні

теплопровідності коксового дріб'язку різного фракційного складу (0-2, 2-4, 4-6, 6-8 мм) в температурному діапазоні 200 – 1000 °С були отримані результати, що характеризуються зростаючими з температурою кривими, причому ефективна теплопровідність коксового дріб'язку при 950 °С у фракції 6 – 8 мм в два рази вища ніж у фракції 0 – 2 мм.

Література

1. Чалых, Е. Ф. Технология и оборудование электродных и электроугольных предприятий / Е.Ф. Чалых. — М.: Металлургия, 1972. — С. 65.
2. Кутузов, С.В. Підвищення ефективності роботи печей графітації електродних виробів: Дис. Канд. техн. наук: 05.05.13 / Кутузов Сергій Володимирович // НТУУ "Київський політехнічний інститут". — Київ, 2007. — 196 с.
3. Агроскин, А.А. Теплофизика твердого топлива / А.А. Агроскин, В.Б. Глейбман. — М.: Недра, 1980. — 256 с.
4. Лутков, А.И. Тепловые и электрические свойства углеродных материалов / А.И. Лутков. — М.: Металлургия, 1990. — 176 с.
5. Кузнецов, Д.М. Процесс графитации углеродных материалов. Современные методы исследования: Монография / Д.М. Кузнецов, В.П. Фокин. — Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. — 132 с.
6. Разработка математической модели промышленного процесса графитации с целью его оптимизации и усовершенствование: Отчет о НИР ГосНИИЭП, Инв. № 02850062203/ Сб.реф. НИР и ОКР, ВНИИЦентр. — серия 17. — 1986. — № 15 — реферат 61.86.165.
7. Годовский, Ю.К. Теплофизические методы исследования полимеров / Ю.К. Годовский. — М.: Химия, 1976 — 216 с.
8. Цедерберг, Н.В. Теплопроводность газов и жидкостей / Н.В. Цедерберг. — М.: Госэнергоиздат, 1963. — 408 с.
9. Чудновский, А. Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов / А. Ф. Чудновский. — М.: Физматгиз, 1962. — 456 с.

Вивчені процеси, що протікають при безперервному охолодженні сталі 80ХЗСВФ з температури аустенізації в сыпучому графіті, на повітрі і з піччю. Встановлено, що із зменшенням швидкості охолодження збільшується тривалість перлітового перетворення

Ключові слова: структура, нагрів, сталь, термообробка

Изучены процессы, протекающие при непрерывном охлаждении сталей 80ХЗСВФ с температуры аустенитизации в сыпучем графите, на воздухе и с печью, установлено, что с уменьшением скорости охлаждения увеличивается продолжительность перлитного превращения

Ключевые слова: структура, нагрев, сталь, термообработка

Processes, flowing at the continuous cooling 80ХЗСВФ became from the temperature of austenitization in a friable graphite, are studied, on air and with a stove, it is set that with diminishing of cooling speed duration of pearlite transformation is increased

Keywords: structure, warming, steel, heat treatment

УДК 621.7.011:669.14.018.252.3

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ 80ХЗСВФ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ В СЫПУЧЕМ ГРАФИТЕ

В.К. Заблоцкий

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*
E-mail: tolp@dgma.donetsk.ua

В.И. Шимко

Аспирант
E-mail: tolp@dgma.donetsk.ua

*Кафедра «Технологии и оборудование литейного производства»
Донбасская государственная машиностроительная академия
ул. Шакинова, 72, г. Краматорск, Украина, 84313

А.И. Шимко

Кандидат технических наук, начальник лаборатории
Лаборатория металловедения и термической обработки, отдел
главного металлурга
Публичное акционерное общество «Новокраматорский
машиностроительный завод»
ул. Орджоникидзе, 5, г. Краматорск, Украина, 84305
Контактный тел.: (06264) 7-81-79, 050-222-25-09
E-mail: mito@nkmz.donetsk.ua

Введение

Результаты охлаждения в сыпучем графите с температуры аустенитизации для сталей 45X3ГНМФ и 70X5ВМФ указывают на возможность значительно упрощения режимов отжига и закалки на бейнит легированных сталей [1, 2]. Для решения этих задач нужно подбирать составы сталей с разной устойчивостью аустенита. Для отжига в сыпучем графите сталь должна обладать пониженной устойчивостью аустенита в перлитной области. Для получения бейнитной структуры после охлаждения в сыпучем графите сталь должна обладать повышенной устойчивостью аустенита в перлитной области.

По указанным признакам сталь 45X3ГНМФ позволяет надежно получать бейнитную структуру в целой группе изделий после одинарной обработки с охлаждением в сыпучем графите, чем заменяет сложную экологически вредную изотермическую закалку в расплавленных солях. Сталь 70X5ВМФ имеет незначительно большую устойчивость аустенита в перлитной области по сравнению с бейнитной областью. Поэтому для такой стали труднее получать однородную перлитную или бейнитную структуру по сечению многих изделий, имеющих разнотолщину формы.

Из сказанного следует, что для надежного получения перлитной структуры в изделиях по всему сечению после охлаждения с температуры аустенитизации нужно выбирать сталь с явно выраженной пониженной устойчивостью аустенита в перлитной области по сравнению с бейнитной областью.

Примером такой стали может быть сталь 80X3СВФ с повышенным содержанием углерода, однако для ее практического применения отсутствуют данные, которые известны для сталей 45X3ГНМФ и 70X5ВМФ.

Методы исследований

Критические точки для стали 80X3СВФ определяли по методике, указанной в работе [1, 2]. Диаграмму изотермического превращения аустенита строили по методике работы [3]. Исследование структурно-фазовых превращений при непрерывном охлаждении производили на образцах диаметром 20, 30 и 40 мм, длиной 70 мм по методике работы [4].

Экспериментальная часть

Критические точки $A_{C1} = 780\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $A_{C3} = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ были выбраны на основании анализа данных по твердости, микротвердости и физическим свойствам. Температура нагрева под аустенитизацию при построении диаграммы изотермического превращения аустенита и при построении кривых непрерывного охлаждения образцов была выбрана $900\text{ }^{\circ}\text{C}$, чем обеспечивалась достаточная легированности аустенита.

Для более полного анализа превращений в образцах из стали 80X3СВФ использовали построенную диаграмму изотермического превращения аустенита с наложенными на нее кривыми непрерывного охлаждения образцов (рис. 1). Такая диаграмма относится к типу диаграмм для сталей, обладающих меньшей

устойчивостью аустенита в перлитной области и большей в бейнитной области. Для нее характерной является область повышенной устойчивости аустенита при охлаждении в интервале температур $550 - 350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Параметры непрерывного охлаждения образцов приведены в таблице 1.

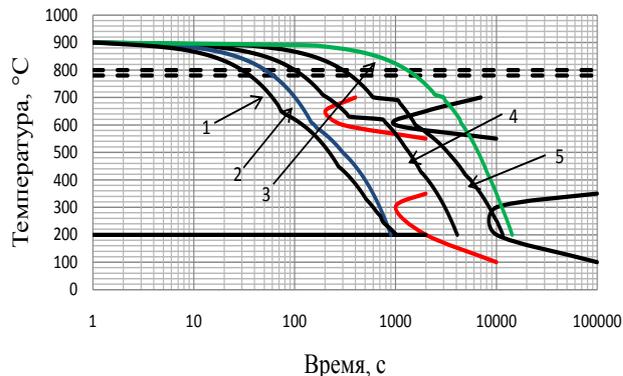


Рис. 1. Диаграмма изотермического превращения аустенита с наложенными кривыми изменения температур при непрерывном охлаждении образцов 20 мм (1, охлаждение в сыпучем графите; 2 охлаждение на воздухе, 3 охлаждение с печью), 30 мм (4) и 40 мм (5) с охлаждением в сыпучем графите

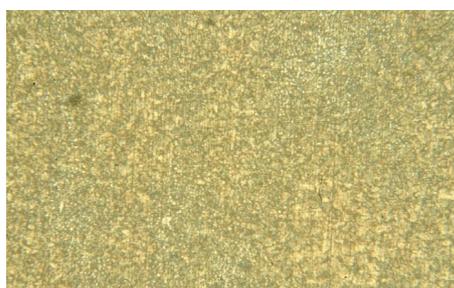
Таблица 1

Параметры охлаждения образцов из стали 80X3СВФ

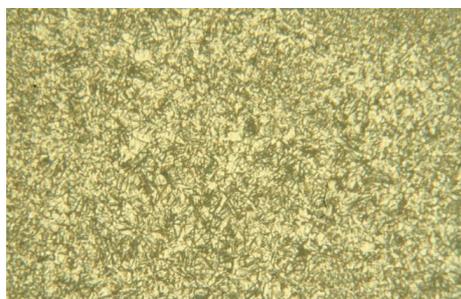
Диаметр образцов, мм	Стадии охлаждения	Параметры охлаждения			
		Интервал температур, $^{\circ}\text{C}$		Продолжительность, с	Средняя скорость, $^{\circ}\text{C}/\text{ч}$
от	до				
20	1	900	640	100	9360
	2	640	200	920	1721
20 на воздухе	1	900	600	157	6880
	2	600	200	743	1940
20 с печью	1	900	710	2470	276
	2	710	700	530	67
	3	700	200	11300	159
30	1	900	700	210	3428
	2	700	630	140	1800
	3	630	620	390	92
	4	620	200	3360	450
40	1	900	760	420	1200
	2	760	700	190	1136
	3	700	690	440	81
	4	690	200	10990	160

Как следует из рис.1 и таблицы 1 образцы диаметром 20 мм охлаждаются на воздухе и в сыпучем графите со скоростью выше критической, а поэтому

кривые располагаются левее линии начала превращения аустенита. На каждой из кривых наблюдается перегиб, связанный с уменьшением скорости охлаждения в результате выделения из аустенита карбидов и внутренней теплоты превращения. После окончательного охлаждения структура этих образцов состоит из мартенсита, остаточного аустенита и карбидов (рис 2, а и б), твердость образцов составляет 57–58 HRC. При охлаждении образца диаметром 20 мм из стали 80X3CBФ с печью на кривой охлаждения наблюдаются три стадии: охлаждение с 900 до 710 °С в аустенитном состоянии (первая стадия), выдержка практически при постоянной температуре 710 – 700 °С в процессе перлитного превращения (вторая стадия), охлаждение с температуры 700 °С после завершения перлитного превращения до температуры 20 °С (третья стадия). Структура стали после охлаждения с печью состоит из перлита и карбидов (рис.2, в). Твердость стали равна 28 – 31 HRC. Характерным при охлаждении образца с печью является отсутствие стадии выделения карбидов из аустенита на кривой охлаждения, что может быть связано с низкой скоростью охлаждения и незначительным выделением при этом процессе количества тепла.



а



б



в

Рис. 2. Микроструктура образцов диаметром 20 мм из стали 80X3CBФ после охлаждения в сыпучем графите (а); на воздухе (б) и с печью (в), х150

Образец диаметром 30 мм в аустенитном состоянии охлаждается до температуры 700 °С (первая стадия), далее при охлаждении от 700 до 630 °С из аустенита выделяются карбиды, одновременно с этим и скрытая теплота превращения, которая замедляет охлаждение (вторая стадия). При температуре 630 °С происходит превращение аустенита в перлит (третья стадия), скрытая теплота которого удерживает температуру постоянной до его завершения. После завершения перлитного превращения происходит охлаждение перлитно-карбидной структуры до температуры окружающей среды (четвертая стадия).

Образец диаметром 40 мм в аустенитном состоянии охлаждается до 760 °С, что мало заметно по виду кривой (первая стадия). Далее от температуры 760 °С до 700 °С образец охлаждается в аустенитно-карбидном состоянии (вторая стадия). При температуре 700 °С в этом образце происходят перлитные превращения (третья стадия). После завершения перлитного превращения, в процессе которого температура сохранялась постоянной в связи с выделением внутренней теплоты превращения, образец охлаждается со структурой перлит + карбиды до температуры окружающей среды (четвертая стадия).

При охлаждении образцов диаметром 30 и 40 мм перлитное превращение происходит в перлитной области диаграммы изотермического превращения аустенита для стали 80X3CBФ между кривыми начала и конца изотермического превращения аустенита. Поэтому структура в этих образцах после окончательного охлаждения состоит из избыточных карбидов и перлита. Поскольку перлитное превращение в образце диаметром 40 мм происходит при более высокой температуре и в течение более длительного времени в его структуре преобладают карбиды больших размеров, что связано с их коагуляцией в процессе превращения.

Выводы

Сталь 80X3CBФ обладает пониженной устойчивостью аустенита в перлитной области, а поэтому склонна к самоотжигу при охлаждении изделий с температуры аустенитизации в сыпучем графите. Эффективность самоотжига повышается с увеличением диаметра изделий.

Литература

1. Заблоцкий, В.К. Изменение исходной структуры стали 45X3ГНМФ при нагреве для повторной закалки / В.К. Заблоцкий В.И. Шимко. – Восточно-европейский журнал передовых технологий – 2010 – 6/1(48) – С. 31 – 34
2. Заблоцкий, В.К. Особенности структурно-фазовых превращений в сталях 45X3ГНМФ и 70X5ВМФ при охлаждении в изотермических условиях / В.К. Заблоцкий, В.И. Шимко. – Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии, 2012 - №1(22) – С.193 – 198.
3. Заблоцкий, В.К. Исследование превращений при изотермической выдержке переохлажденного аустенита

стали 55Х4СМФ / В.К. Заблоцкий, И.Ю. Мелещенко. – Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – 5/1 (35) – С. 47 – 51.

4. Заблоцкий, В.К. Особенности структурно-фазовых превращений в стали 45ХЗГНМФ при непрерывном охлаждении и в изотермических условиях / В.К. Заблоцкий, В.И. Шимко. – Строительство, Материаловедение, Машиностроение: – Сб. науч. трудов. Выпуск 58, Днепрпетровск, ПГАСиА, 2011г – 292-294 с.

У роботі приведені результати дослідження впливу режимів термообробки на зносостійкість сталей 55Г, 65Г і 75Г. Показано, що за рахунок раціональних режимів термообробки підвищуються службові властивості сталей

Ключові слова: аустеніт, динамічне деформаційне мартенситне перетворення, ізотермічна витримка

В работе приведены результаты исследований влияния режимов термообработки на износостойкость сталей 55Г, 65Г и 75Г. Установлено повышение служебных свойств сталей при выборе рациональных режимов термической обработки

Ключевые слова: аустенит, динамическое деформационное мартенситное превращение, изотермическая выдержка

The results of influence of different hit treatment on wear resistance of steels 55G, 65G and 75G are shown in this research paper. It is proved that due to efficient hit treatment it may be obtained good combination of service properties

Keywords: austenite, dynamical deformative martensite transformation, soaking

УДК 669.15'.74-194:621.785.52

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СТАЛЕЙ ЗА СЧЕТ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАСТАБИЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ, САМОТРАНСФОРМИРУЮЩЕЙСЯ ПРИ НАГРУЖЕНИИ

Л.С. Малинов

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*
Контактный тел.: (0629) 44-66-58

Н.А. Солидор

Кандидат технических наук, доцент*
Контактный тел.: (0629) 44-61-69, 096-753-38-78
E-mail: solidor@rambler.ru

В.А. Харлашкин

Аспирант*
Контактный тел.: (0629) 49-13-56, 098-575-26-03
E-mail: blindcat568@inbox.ru

В.В. Аниченко

Студент
Контактный тел.: (0629) 44-61-69
*Кафедра «Материаловедение»
ГВУЗ «Приазовский государственный
технический университет»
ул. Университетская, 7, г. Мариуполь,
Донецкая обл., Украина, 87500

Таблица 1

Химический состав исследованных сталей, мас. %

Марка стали	C	Si	Mn	Ni	S, P	
					не более	
55Г	0,52-0,56	0,22-0,25	0,96-1,03	-	0,04	0,03
65Г	0,58-0,67	0,28-0,31	1,01-1,08	0,25-0,27	0,03	0,03
75Г	0,71-0,678	0,22-0,26	0,95-1,04	-	0,04	0,03

В промышленности для изготовления деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного и ударно-абразивного изнашивания, зачастую применяют низколегированные стали с повышенным содержанием углерода, однако в ряде случаев стойкость деталей, изготовленных из них, недостаточна, что вызывает дополнительные затраты на их частую замену и ремонт оборудования [1, 2].

В данной работе объектом исследования служили широко применяемые стали 55Г, 65Г и 75Г, химический состав которых приведен в табл. 1.