

МОДИФИКАТОРЫ ДЛЯ ЧУГУНА И СТАЛИ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

© ОДО «Белтехнолит»

SB5. Очень эффективный модификатор для чугуна с пластинчатым либо шаровым графитом на основе ферросилиция. Действие бария, алюминия и кальция придает модификатору особую эффективность и расширяет сферу использования. *Зернистость:* 0,2–0,8 мм. *Упаковка:* бумажные мешки по 25 кг.

VL 63(M). Модификатор для производства чугуна с шаровым графитом на основе FeSiMgCa. Модификатор с низким содержанием магния хорошо подходит для метода перелива, что требует специальной узкой формы ковша для модификации с разделительной стенкой на дне ковша, куда помещается модификатор и прикрывается для задержки начала реакции. *Упаковка:* бумажные мешки по 25 кг.

Superseed Extra. Модификатор снижает отбел в СЧ с содержанием серы в базовом чугуне более 0,02 %, а также в ВЧ. Это делает модификатор Superseed подходящим материалом для обработки чугунов, выплавленных как в вагранке, так и в электропечах. Дополнительным преимуществом модификатора Superseed является содержание в нем циркония, который не только улучшает морфологию

графита, но и помогает контролировать содержание азота в чугуне. *Зернистость:* 0,2–0,7 мм. *Упаковка:* бумажные мешки по 25 кг.

Varinos. Применяется для модифицирования серого и высокопрочного чугунов. В низкосернистых чугунах эффект от применения модификатора Varinos выше, чем от применения большинства других промышленных модификаторов. Модификатор Varinos способствует формированию большего числа потенциальных центров кристаллизации графита, количество которых в процессе выдержки расплава остается более высоким, чем при использовании других кальцийсодержащих модификаторов на основе ферросилиция. Тщательно контролируемое количество кальция, бария и других модифицирующих элементов минимизирует шлакообразование. Это облегчает обработку чугуна и приводит к получению металла более стабильного качества. *Зернистость:* 0,2–0,7 мм. *Упаковка:* бумажные мешки по 25 кг.

Использованы материалы:
<http://belit.io.ua/>



ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ

УДК 621.7.011:669.14.018.252.3

ОСОБЕННОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ СТАЛИ 70X5BMФ С ТЕМПЕРАТУРЫ АУСТЕНИТИЗАЦИИ В СЫПУЧЕМ ГРАФИТЕ

Заблоцкий Владимир Кириллович, доктор технических наук, профессор
Заведующий кафедрой*

Шимко Владимир Игоревич
Аспирант*

* Кафедра технологий и оборудования литейного производства, Донбасская государственная машиностроительная академия, ул. Шкадинова, 72, г. Краматорск, Донецкой обл., Украина, 84313
E-mail: tolp@dgma.donetsk.ua

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

Вивчені процеси, що протікають при безперервному охолодженні сталі 70X5BMФ в сыпучому графіті. Встановлено, що діаграма ізотермічного перетворення аустеніту є генетичною пам'яттю або генетичним кодом сталі для вивчення перетворень, що протікають при охолодженні з різними швидкостями.

Ключові слова: Структура, нагрівання, сталь, термообробка.

Изучены процессы, протекающие при непрерывном охлаждении стали 70X5BMФ в сыпучем графите. Установлено, что диаграмма изотермического превращения аустенита является генетической памятью или генетическим кодом стали для изучения превращений, протекающих при охлаждении с различными скоростями.

Ключевые слова: Структура, нагрев, сталь, термообработка.

The processes occurring during continuous cooling steel 70H5VMF in bulk graphite are studied It is established that the diagram isothermal transformation of austenite is a genetic memory or the genetic steel code to study the transformations occurring during cooling at different rates.

Keywords: structure, heat, steel, heat treatment.

1. Введение

Известно, что при охлаждении с температуры аустенитизации сталей 45 и 45X3ГНМФ в сыпучем серебристом графите возможны самопроизвольные структурно-фазовые превращения, которые позволяют получить необходимый уровень свойств без энергозатрат на процесс охлаждения [1, 2]. Эти превращения могут позволить экономить энергозатраты в машиностроении при термической обработке изделий, однако условия формирования самопроизвольных превращений мало изучены. Для выяснения природы этого явления нужны сведения о структурно-фазовых превращениях при непрерывном охлаждении в сыпучем графите образцов из сталей, а также превращения в них при изотермических выдержках по мере охлаждения. Необходимо учитывать, что сыпучий графит в отличие от жидких (вода, масло, расплавленные соли) и газообразных (воздух, газы) сред является «псевдо твердой» податливой охлаждающей средой, он обеспечивает более равномерную передачу тепла от металла.

С момента погружения изделий в сыпучий графит вокруг изделия образуется оболочка из графита, имеющая высокую температуру. В результате этого между наружной поверхностью изделия и внутренней поверхностью оболочки, контактирующей с изделием, обеспечивается плотный температурный контакт. Высокая температура оболочки снижает ее теплопроводность, а поэтому возможное выделение внутреннего тепла за счет превращений будет аккумулироваться в зоне превращения, что при отсутствии потерь тепла, будет обеспечивать постоянство температуры до завершения превращений. Доказательством этого предположения являются наши исследования для сталей 45 и 45X3ГНМФ [1, 2]. Сталь 45, как известно, имеет низкую устойчивость аустенита. При охлаждении ниже A_1 происходит перлитное превращение при постоянной

температуре. Поддерживается эта температура за счет тепла, выделяемого в процессе превращения. Наличие графитовой оболочки позволяет сохранить это тепло до полного завершения превращения.

Для стали 45X3ГНМФ, имеющей более устойчивый аустенит, изотермическое превращение аустенита с образованием бейнита происходит при более низких температурах [2].

2. Методы исследования

Для получения надежных сведений об особенностях превращения в сталях с большим содержанием углерода и легирующих элементов при охлаждении в сыпучем графите исследовали превращения в образцах из стали 70X5BMФ при непрерывном охлаждении, а также была построена диаграмма изотермического превращения аустенита этой стали.

Исследование структурно-фазовых превращений при непрерывном охлаждении производили на образцах диаметром от 20 до 60 мм по методике работы [2]. Параметры самопроизвольного охлаждения образцов приведены в табл. 1. Как следует из табл. 1, процесс охлаждения образцов диаметром 20, 30, 40 и 50 мм состоит из трех стадий: охлаждение с температуры аустенитизации до температуры начала бейнитного превращения, собственно бейнитное превращение, охлаждение с момента завершения бейнитного превращения. Для образца диаметром 60 мм процесс охлаждения состоит из пяти стадий: охлаждение с температуры аустенитизации до температуры начала перлитного превращения (первая стадия), собственно перлитное превращение (вторая стадия), охлаждение аустенитно-перлитной структуры до температуры начала бейнитного превращения (третья стадия), бейнитное превращение (четвертая стадия) и охлаждение после завершения бейнитного превращения (пятая стадия).

Таблица 1

Параметры непрерывного охлаждения 70X5BMФ

Диаметр образцов, мм	Стадии охлаждения	Параметры охлаждения			
		Интервал температур, °С		Продолжительность, с	Средняя скорость, °С/ч
		от	до		
20	1	900	320	800	2610
	2	320	310	200	180
	3	310	150	2220	260
30	1	900	350	1500	1320
	2	350	340	220	165
	3	340	150	1380	495
40	1	900	380	1650	1135
	2	380	370	340	105
	3	370	150	4000	196
50	1	900	400	1740	1035
	2	400	390	520	70
	3	390	150	5430	159
60	1	900	690	850	890
	2	690	670	220	330
	3	670	370	4200	258
	4	370	360	500	72
	5	360	150	6250	120

3. Экспериментальная часть

Особенность каждой стадии заключается в следующем. Скорость охлаждения с температуры аустенитизации уменьшается с увеличением диаметра (массы) образцов. Температура бейнитного превращения тем ниже, чем выше скорость охлаждения образцов до начала этого превращения. Продолжительность бейнитного превращения имеет тенденцию к увеличению по мере увеличения диаметра образцов. Скорость охлаждения образцов после завершения бейнитного превращения незначительно зависит от диаметра образцов и имеет тенденцию к уменьшению с увеличением массы образцов. Полученные результаты согласуются с данными работы [3].

Диаграмма изотермического превращения аустенита стали 70X5BMФ построена по методике работы [4]. Для анализа структурно-фазовых превращений, протекающих при непрерывном охлаждении и в изотермических условиях, на диаграмму изотермического превращения наносили кривые непрерывного охлаждения для образцов диаметром 20, 30, 40, 50 и 60 мм в логарифмическом вычислении времени (рис. 1).

Анализ рис. 1 показывает, что в изотермических условиях сталь 70X5BMФ

претерпевает два превращения: перлитное и бейнитное. Между областями перлитного и бейнитного превращений существует область повышенной устойчивости аустенита в интервале температур 350–600 °С.

При непрерывном охлаждении оно сопровождается выделением тепла, что создает практически постоянную температуру (ступеньку) на кривых непрерывного охлаждения.

Для образца диаметром 60 мм, обеспечивающего более низкую скорость охлаждения, кривая непрерывного охлаждения пересекает линию начала перлитного превращения. На самой кривой в месте пересечения наблюдается площадка, подтверждающая протекание перлитного превращения при постоянной температуре. Это явление можно объяснить тем, что при возникновении термодинамических условий для перлитного превращения, оно реализуется. Небольшая температурная площадка указывает на то, что превращение происходит в незначительном объеме металла.

Поскольку термопара, которая фиксирует изменение температуры, расположена в осевой части образца, а превращения протекают в течении определенного времени и фиксируются в виде температурной площадки, то можно предположить, что превращение протекает от поверхности к центру образца. Наиболее вероятным местом перлитного превращения являются границы зерен аустенита, как наименее устойчивая часть структуры. Развиваясь по ширине границ перлитное превращение, определяет объем теплового эффекта или ширину температурной площадки этого превращения. После завершения перлитного превращения структура стали состоит из перлита, расположенного по границам зерен аустенита.

При охлаждении стали с такой структурой до температуры, при которой создаются термодинамические условия для превращения аустенита по

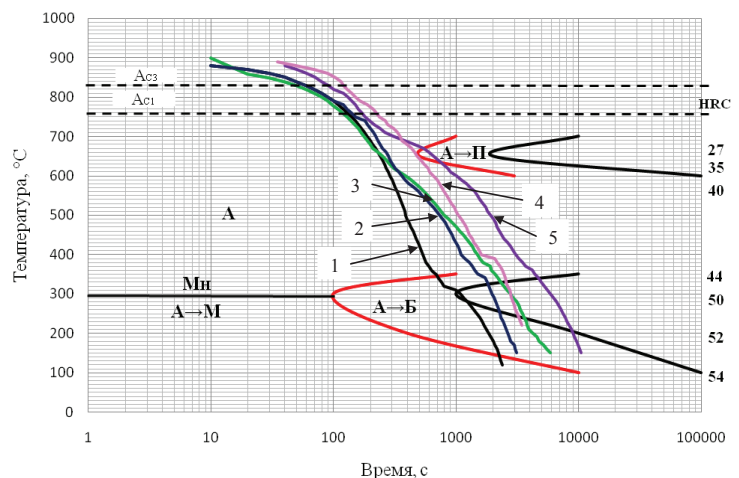


Рис. 1. Кривые охлаждения образцов из стали 70X5BMФ диаметром 20 мм (1), 30 мм (2), 40 мм (3), 50 мм (4), 60 мм (5), наложенные на диаграмму изотермического превращения аустенита стали 70X5BMФ

бездиффузионному механизму в бейнит, на границах зерен аустенита с перлитом начинает развиваться бейнитное превращение.

Оно развивается от границ зерен к центру зерен благодаря внутренним напряжениям, которые возникают в результате бездиффузионного превращения. Из сказанного следует, что бейнитное превращение является активируемым процессом и происходит при постоянной температуре. Напомним, что по литературным данным бейнитное превращение не может происходить при постоянной температуре, так как оно связано с перераспределением углерода в исходном аустените [6]. Структура стали в образце диаметром 60 мм после завершения бейнитного превращения и охлаждения до температуры +20 °С состоит из карбидов перлита и бейнита. Карбиды имеют светлую окраску, перлит имеет темный цвет, бейнит имеет полусветлую окраску. В середине полей бейнита видны мелкие округлые включения, имеющие светлую окраску. Можно предположить, что это выделе-

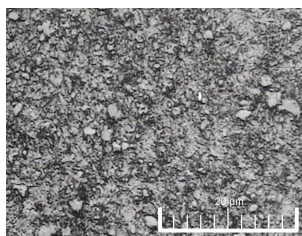


Рис. 2. Микроструктура стали 70X5BMФ в образце диаметром 60 мм после охлаждения с температуры аустенитизации 900 °С в сыпучем графите, $\times 2000$

ния карбидов. Светлую окраску, имеют те карбиды, что сохранились в матрице. Темные частицы характеризуют места карбидов, которые выкрошились из матрицы при изготовлении шлифа (рис. 2). Характерно, что интервалы бейнитного превращения на кривых непрерывного охлаждения образцов располагаются между линиями начала и конца бейнитного превращения при изотермическом превращении аустенита. Совпадение превращений, обусловленных различными способами охлаждения, указывают на существование генетической памяти металла. Можно предположить, что генетической памятью сталей, отражающей их поведение при непрерывном охлаждении, является диаграмма изотермического превращения аустенита. Эта диаграмма фиксирует все возможные структурные и фазовые превращения, которые могут иметь место в стали при непрерывном охлаждении с различными скоростями.

Результаты исследований также показывают, что в случае исходной однородной структуры аустенита при охлаждении нельзя получить однородную структуру, равным образом одинаковые свойства по сечению изделий. Это обусловлено тем, что в середине изделия скорость охлаждения всегда ниже, а следовательно, свойства поверхности и сердцевины будут отличаться. Такой факт следует учитывать при назначении выдержки для гомогенизации аустенита перед последующим охлаждением изделия при любом виде термообработки.

Выдержка при гомогенизации аустенита должна назначаться с учетом получения активной структурной зоны аустенита, которая после охлаждения в процессе термообработки должна обеспечивать требуемую конструктивную прочность изделия.

Если известны скорости охлаждения по сечению изделий, то по их значениям, используя диаграмму изотермического превращения аустенита, можно прогнозировать структуру в объеме всего изделия. Это более удобно, чем использование диаграмм термокинетического превращения, построение которых является трудоемким процессом.

4. Выводы

Экспериментально установлено, что при непрерывном охлаждении стали 70X5BMФ превращения проходят в соответствии с интервалами температур и типом структур, образующихся согласно диаграмме изотермического превращения аустенита стали. Это указывает на то, что диаграмма изотермического превращения аустенита является генетической памятью или генетическим кодом стали для изучения превращений, протекающих при охлаждении с различными скоростями. Полученные результаты исследований, которые могут быть использованы для разработки новых энергосберегающих режимов термической обработки сталей.

Литература

1. Заблоцкий В. К. Самоотжиг поковок из стали 45 [Текст] / В. К. Заблоцкий, В. И. Шимко, В. Е. Фельдман, А. И. Шимко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. — Выпуск 53. — Днепропетровск, ПГАСиА, 2010. — С. 100–104.
2. Заблоцкий В. К. Закалка стали 45X3ГНМФ на бейнит [Текст] / В. К. Заблоцкий, В. И. Шимко // Международная научно-техническая конференция «Сучасні аспекти металознавства та термічної обробки металів». — Мариуполь, 2010. — С. 70–72.
3. Заблоцкий В. К. Особенности структурно-фазовых превращений в стали 45X4ГНМФ при непрерывном охлаждении и в изотермических условиях [Текст] / В. К. Заблоцкий, В. И. Шимко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. — Выпуск 58. — Днепропетровск, ПГАСиА, 2011. — С. 292–294.
4. Заблоцкий В. К. Исследование превращений при изотермической выдержке переохлажденного аустенита стали 55X4СМФ [Текст] / В. К. Заблоцкий, И. Ю. Мелешенко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2008. — 5/1 (35). — С. 47–51.
5. Попов А. А. Диаграммы превращения аустенита в сталях и бета-раствора в сплавах титана [Текст]: справочник термиста / А. А. Попов, Л. Е. Попова. — 3-е изд. — М.: Металлургия, 1991. — 503 с.
6. Гуляев А. П. Металловедение [Текст] / А. П. Гуляев. — М.: Металлургия, 1988. — 647 с.