

УДК 669.295.04

А.В. КАЛИНИН

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, Украина

ОБРАБОТКА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ КОМПЛЕКСНЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ

Показана эффективность влияния комплексных модификаторов на основе промышленных отходов на измельчение зерна и повышение механических свойств конструкционных Si-Mn-сталей. Изучены процессы перитектической кристаллизации исходных и модифицированных расплавов. Определен фазовый состав сталей типа 17ГС до и после модифицирования. Доказано положительное влияние первичного феррита модифицированных сталей на механические свойства. Установлено повышение количества перлита в модифицированных сталях с 29 до 36%, что способствовало увеличению прочностных характеристик сталей. В результате модифицирования достигнуто значительное уменьшение количества неметаллических включений, что способствовало повышению качества Si-Mn-сталей.

Ключевые слова: конструкционные Si-Mn-стали, комплексный модификатор, механические свойства, феррит, перлит.

Введение

Конструкционные экономнолегированные стали повышенной прочности, применяемые взамен малоуглеродистых сталей, должны иметь предел текучести более 400 МПа. Получение высокого уровня прочности при экономном содержании легирующих элементов: Si, Mn достигается за счет снижения содержания серы, фосфора, неметаллических включений, измельчения зерна и образования дисперсной структуры. В массовом производстве эти требования достигаются путем внедрения новых технологий: внепечной обработки стали, непрерывной разливки [1, 2]. Модифицирование относится к наиболее эффективным способам внепечной обработки Si-Mn-сталей, широко применяемых для поковок судостроения, нефте- и газопроводных труб диаметром до 2000 мм. В Si-Mn-сталях не реализован возможный ресурс свойств не только по уровню прочности и пластичности, но и по их стабильности.

Решить эту проблему возможно применением новых модификаторов, содержащих машиностроительные отходы на основе Ti, Al, Mg, Ca и других элементов [3]. Целью работы являлось установление влияния обработки комплексными модификаторами на структуру и свойства конструкционных кремниймарганцевистых сталей группы 17ГС в литом и деформированном состояниях.

1. Материал и методика исследования

Материалом исследования служили литые и деформированные конструкционные кремниймар-

ганцовистые стали 17ГС, 17Г1С и 17Г1С-У химический состав которых приведен в табл. 1.

Таблица 1
Усредненный химический состав
Si-Mn-сталей

Содержание элементов, % мас.						
C	Si	Mn	Ni	Cr	S	P
0,16... 0,19	0,43... 0,56	1,43... 1,51	0,15... 0,19	0,18... 0,23	0,029... 0,031	0,024... 0,032

Опытные плавки Si-Mn-сталей проводили в индукционной печи с контролем температуры W-Mo-термопарой погружения с точностью $\pm 10^\circ\text{C}$. Технологическое раскисление проводили в печи порошкообразным силикокальцием. Температура выпуска сталей составляла 1600...1650°C.

Внепечное модифицирование проводили в разливочном ковше брикетами комплексного модификатора в количестве 0,1...0,3% от массы расплава. Полученные отливки проковывали на прутки и подвергали нормализации при 880°C. Из литого и кованого металла вырезали образцы для исследования структуры и механических свойств. Определение структурных составляющих сталей проводили металлографическим методом с использованием компьютерной программы обработки экспериментальных данных. Исследование фазового состава структурных составляющих немодифицированных и обработанных модификаторами сталей проводили на растровом электронном микроскопе ISM-6360LA с системой для проведения микрорентгеноспектрального анализа.

2. Анализ полученных результатов

Кристаллизация сталей перитектического типа, содержащих 0,15...0,20% С, к которым относятся исследуемые стали, начинается по реакции $J \rightarrow \delta + J_{\text{ост}}$. Первичный δ -феррит кристаллизуется по дендритному механизму. Дисперсность дендритов зависит от химического состава, скорости охлаждения, а также от наличия модифицирующих добавок. Перитектическая кристаллизация происходит по реакции: $\delta + J_{\text{ост}} \rightarrow \gamma + \delta_{\text{ост}}$. В сталях группы 17ГС количество δ -феррита больше, чем жидкости, что может затруднять перитектическое превращение и приводит к образованию усадочных пустот в немодифицированной стали.

Модифицирование расплава измельчает структуру первичного феррита, остаточный феррит сохраняется в середине дендритных ветвей в виде отдельных включений (рис. 1а,б). При дальнейшем охлаждении, особенно в условиях быстрого охлаждения, первичный феррит не полностью превращается в аустенит, часть его сохраняется до полного охлаждения отливки.

Исследование фазового состава феррита в модифицированных сталях показало, что феррит в модифицированной стали по сравнению с перлитной матрицей дополнительно содержит титан. Это свидетельствует о том, что введенный модификатор активно участвует в формировании центров кристаллизации. Наличие первичного феррита в структуре модифицированных сталей группы 17ГС должно положительно отразиться на механических свойствах металла в литом и деформированном состояниях.

Структура немодифицированных и обработанных комплексным модификатором сталей – ферритно-перлитная, характерная для отливок с ускоренным охлаждением. Модифицирование измельчает структурные составляющие стали в литом и деформированном состояниях примерно в 1,5 раза. Количество перлита в модифицированных сталях возрастает с 29 до 32% в литом состоянии и с 32 до 36% в деформированном состоянии (табл. 2).

Определение содержания неметаллических включений показало значительное снижение их количества в модифицированных сталях [4]. Модифицирование повышает механические свойства стали: σ_b в литом состоянии повышается на 14%, в деформированном – на 25%; σ_T повышается соответственно на 15 и 36%; δ – на 8,5 и 7,4%; КСЧ – на 48 и 64%.

Заключение

Модифицирование кремнемарганцовистых сталей группы 17ГС комплексным модификатором, содержащим промышленные отходы титана, алюминия, магния, измельчает структурные составляющие стали, увеличивает количество перлита в литой и деформированной стали с 29...32% до 32...36%.

В сталях, обработанных модификатором, значительно повышается прочность (на 14...25%) и ударная вязкость (на 48...64%).

Исследованы количество, форма и химический состав неметаллических включений в исходных и модифицированных сталях в литом и деформированном состояниях.

Таблица 2

Количество перлита в структуре немодифицированных и модифицированных сталей типа 17ГС в литом и ковном состояниях

Состояние стали		Количество перлита, % об.						
		i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	\bar{i}
Литая	немодифицированная	26,6	30,7	32,4	28,7	31,6	27,5	29,6
	модифицированная	30,7	35,8	32,0	34,6	34,2	34,9	33,7
Кованая	немодифицированная	29,5	28,9	34,3	35,2	34,8	36,5	33,2
	модифицированная	38,3	34,2	37,3	38,4	36,8	37,5	37,1

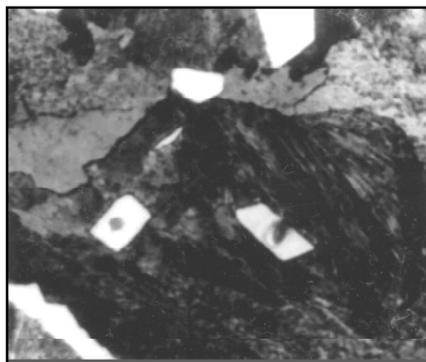


Рис. 1. Остаточный феррит в структуре немодифицированной стали 17Г1С-У

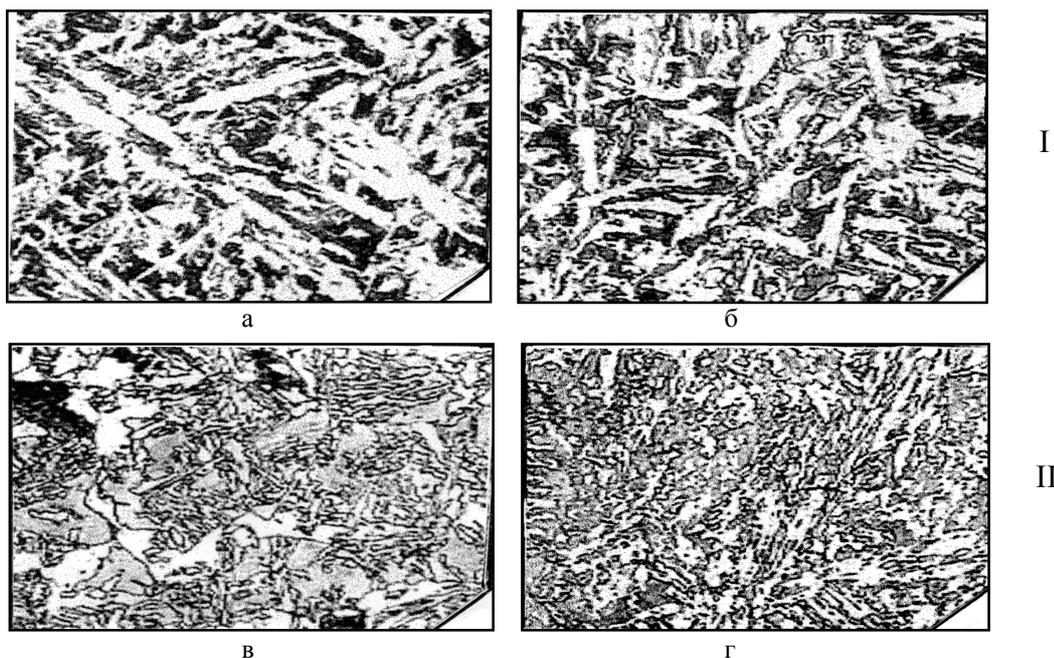


Рис. 2. Структура обычной (а, в) и модифицированной (б, г) стали 17Г1С-У в литом (I) и ковном (II) состояниях (х 500)

Литература

1. Шаповалова О.М. Разработка и внедрение неплавленных раскислителей, модификаторов, лигатур и отходов для обработки расплавов сталей и сплавов / О.М. Шаповалова // Проблемы современного материаловедения, ПГАСА. – 1997. – С.12-17
2. Ицкович Г.М. Раскисление стали и модифицирование неметаллических включений / Г.М. Ицкович – М.: Металлургия, 1981. – 277с.

3. Патент України №53197А, МКІ С22С35/00. Комплексний розкислювач для обробки сталей і сплавів та спосіб його одержання / О.М. Шаповалова, О.В. Шаповалов, О.В. Калінін. Опубл. в 2003 р., бюл. №3.

4. Шаповалова О.М. Влияние обработки расплава модификаторами - раскислителями на неметаллические включения в кремниймарганцовистой стали / О.М. Шаповалова, О.В. Калінін // Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении. – Запорожье: ЗНТУ, 2006. – № 2. – С. 38.

Рецензент: д-р техн. наук., проф. кафедры металлофизики И.М. Спиридонова, Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара

ОБРАБОТКА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ КОМПЛЕКСНЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ

А.В. Калінін

Показано ефективність використання комплексних модифікаторів на основі промислових відходів на зменшення зерна та підвищення механічних властивостей конструкційних Si-Mn-сталей. Вивчені процеси перітектичної кристалізації у вихідних та модифікованих розплавах. Визначений фазовий склад сталей типу 17ГС після модифікування. Доведений вплив первинного фериту модифікованих сталей на механічні властивості. Встановлено підвищення кількості перліту в модифікованих сталях з 29...36%, що сприятиме збільшенню міцносних характеристик сталей. В результаті модифікування було досягнуто значне зниження неметалевих включень, що сприятиме підвищенню якості Si-Mn-сталей.

Ключові слова: конструкційні Si-Mn-сталі, комплексний модифікатор, механічні властивості, ферит, перліт.

PROCESSING OF CONSTRUCTIONAL STEELS BY COMPLEX MODIFIERS

A.V. Kalinin

The effectiveness of using the complex modifiers on the base of grain-refining wastes and increasing the mechanical properties the constructional Si-Mn-steels was shown. The process of peritectic crystallization in starting and modifying melts were explored. The phase analysis of steel type 17Г1С after modifying was determinate. The positive influence of original ferrite by modifying steel from 29 to 36% was established. In the result the mechanical properties were increased. Be modifying decreased considerably the nonmetallic inclusions and as result the quality of Si-Mn-steels was increased.

Keywords: constructional Si-Mn-steels, complex modifier, mechanical properties, ferrite.

Калінін Александр Васильевич – канд. техн. наук, старший научный сотрудник Днепропетровского национального университета, Днепропетровск, Украина.