

Е. Е. Химичева^{*}, М. Е. Житлухина

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

^{*}*e_khimicheva@mail.ru*,

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук *С. В. Беликов*

ВЛИЯНИЕ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ РЗМ НА ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ КОРРОЗИОННО-АКТИВНЫМИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ СТАЛИ 13ХФА

Оценена загрязненность стали 13ХФА по КАНВ, модифицированной лигатурой без добавления РЗМ, и стали 13ХФА, модифицированной лигатурой с добавлением РЗМ, металлографическим методом. Неметаллические включения были изучены с помощью РЭМ и МРСА.

Установлено, что обработка стали редкоземельными элементами приводит к получению неметаллических включений, сложных по строению и составу.

Ключевые слова: неметаллические включения, коррозионно-активные неметаллические включения, редкоземельные металлы, сталь, микроструктура.

Е. Е. Khimicheva, M. E. Zhitlukhina

EFFECT OF RARE EARTH ELEMENTS ADDITION ON NONMETALLIC INCLUSIONS BASED ON CaO AND Al₂O₃ OF 13HF8A STEEL

Impurity of 13HF8A steel modified by rare earth elements is estimated using the metallographic method. Nonmetallic inclusions were studied using SEM and X-ray diffraction method. It has been established that the treatment of the steel by rare earth elements leads to the production of nonmetallic inclusions that are complex in structure and composition.

Keywords: nonmetallic inclusions, nonmetallic inclusions based on CaO and Al₂O₃, rare earth elements, steel, microstructure.

В последнее десятилетие произошли коренные преобразования в организации сталеплавильного производства. Именно новые возможности проведения различных процессов рафинирования, в том числе от примесей и неметаллических включений, доведению химического состава металла при внепечной обработке стали позволили выйти на принципиально новый уровень показателей по содержанию вредных примесей, механическим характеристикам, сортаменту, себестоимости. Преобразования привели к принципиальному изменению типов неметаллических включений, присутствующих в готовой металлопродукции. Как правило, они имеют

сложный химический, фазовый состав и строение, которые полностью определяются видом, последовательностью и режимом проведения операций обработки металла [1].

Установлена прямая связь между параметрами стойкости металла против коррозии, морфологией и химическим составом неметаллических включений (НВ). Включения, оказывающие определяющее влияние на процессы коррозии металла, названы коррозионно-активными неметаллическими включениями (КАНВ). Образованию КАНВ способствует использование кальцийсодержащих материалов в процессе внепечной обработки. Необходимость применения кальцийсодержащих материалов вызвана обеспечением разливаемости металла на МНЛЗ.

В то же время проблема КАНВ может быть решена при использовании комплексных модификаторов, включающих РЗМ. Высокая эффективность влияния РЗМ на свойства стали обусловлена их благоприятным воздействием на состав, тип, форму, количество и равномерность распределения образующихся неметаллических включений [2]. Причем содержание кальция соответствует условию: $[Ca] \leq 0,7[RZM]$, где $[Ca]$ и $[RZM]$ – содержание кальция и редкоземельных металлов соответственно [3].

В качестве материала исследования были отобраны образцы от трех плавов стали 13ХФА, производимой ПАО «СТЗ». Две из которых, были модифицированы лигатурой, содержащей редкоземельные элементы, во время внепечной обработки стали. Содержание Ca и Ce в лигатуре представлено в табличной форме.

Содержание кальция и церия в лигатуре, %

№ плавки	Ca, %	Ce, %
1	0,0012	0,0018
2	0,0011	0,0023
3	0,0011	—

На первом этапе работы металлографическим методом была проведена оценка чистоты по КАНВ непрерывнолитой трубной заготовки из стали 13ХФА различных плавов. Установлено, что КАНВ I и КАНВ II преимущественно располагаются в феррите. На рис. 1 представлено изменение количества КАНВ в плавках. Приближение соотношения Ca к РЗМ к 0,7 приводит к снижению загрязненности стали по КАНВ.

На втором этапе НВ были изучены с помощью РЭМ и МРСА. Это позволило существенно увеличить объем полученной и проанализированной информации. Установлено, что наиболее часто встречающимися НВ в стали 13ХФА, производства ПАО «СТЗ» являются двухфазные, состоящие из сульфида кальция с марганцем и оксида типа магнезиальной шпинели $MgO \cdot Al_2O_3$ со следами Ca и S. Модифицирование

приводит к тому, что в оксидной и сульфидной составляющей появляются РЗМ.

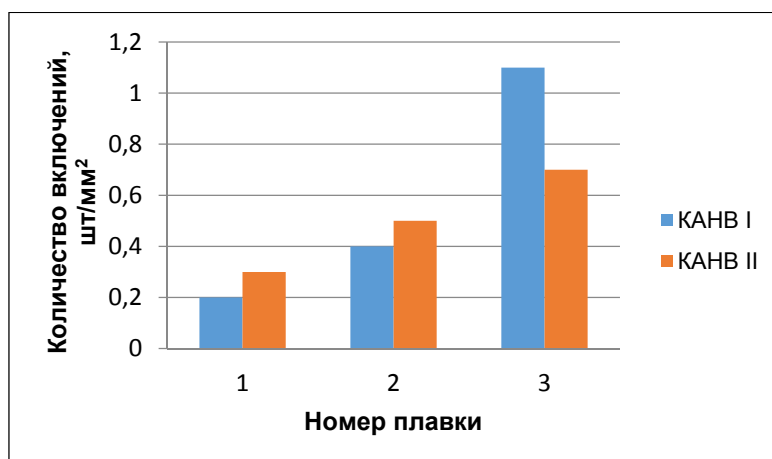


Рис. 1. Распределение КАНВ в НЛЗ стали 13ХФА
 1 – плавка № 1 (0,0012 % Ca; 0,0018 % Ce; Ca/РЗМ = 0,67),
 2 – плавка № 2 (0,0011 % Ca; 0,0023 % Ce; Ca/РЗМ = 0,48),
 3 – плавка № 3, не модифицированная РЗМ

С помощью растрового электронного микроскопа был получен набор карт распределения неметаллических включений различного химического состава на поверхности образцов из стали 13ХФА. Растровый микроскоп позволяет в автоматическом режиме проанализировать большое количество НВ и представить результаты в виде карты распределения НВ.

Кроме размерного фактора, включения отличаются по форме. Определено, что в основном присутствуют округлые, овальные и вытянутые в строчку включения. Введение редкоземельных элементов, способствуют сфероидизации неметаллических включений.

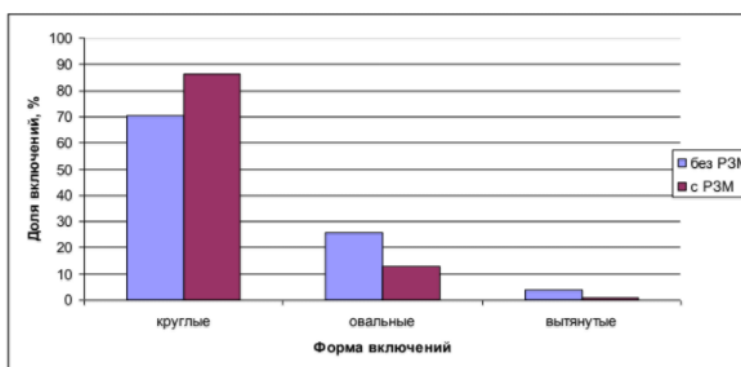


Рис. 2. Распределение включений по форме в стали 13ХФА

При варьировании соотношения Ca/РЗМ от 0,48 до 0,67 изменяется соотношение НВ различных типов от 54 до 80 % (КАНВ II), от 9 до 1 % (КАНВ I), от 37 до 19 % (сульфиды Ca и Mn) соответственно. Установлено, что наилучшее соотношение Ca/РЗМ в стали, позволившее добиться наиболее высокой чистоты по КАНВ составляет 0,67.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев А. И. Природа и механизмы образования в стали коррозионно-активных неметаллических включений. Пути обеспечения чистоты стали по этим включениям / А. И. Зайцев, И. Г. Родионова, С. Д. Зинченко // Москва : Металлургиздат, 2005. С. 37–51.
2. Кравченко В. М. Повышение эффективности процесса легирования стали элементами с высоким сродством к кислороду и азоту / В. М. Кравченко, Е. Б. Теплицкий, С. В. Семирягин // Труды V конгресса сталеплавильщиков. Москва : ОАО «Черметинформация», 1999. С. 326–328.
3. Модификатор для углеродистой и низколегированной стали для проката и труб повышенной коррозионной стойкости: пат. 2387727 Рос. Федерация: МПК С22С 35/00, С22С 38/40 / И. Г. Родионова, А. И. Зайцев; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ВПО Сталь»; заявл. 14.08.2007; опубл. 27.04.10, Бюл. № 12.