
УДК 669.046.558

Канд. техн. наук С. А. Полишко

Национальный университет им. Олеса Гончара, г. Днепропетровск

ВЛИЯНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РАСКИСЛИТЕЛЕЙ-МОДИФИКАТОРОВ НА СТАБИЛИЗАЦИЮ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛЕЙ СТ1КП И КП-Т

Рассмотрено влияние многофункциональных раскислителей-модификаторов на стабилизацию химического состава и механических свойств сталей Ст1кп и КП-Т. С целью установления условий взаимодействия компонентов многофункциональных модификаторов с расплавом исследованы термодинамические характеристики образующихся соединений, которые могут формироваться при взаимодействии многокомпонентных раскислителей-модификаторов с расплавом.

Ключевые слова: многофункциональные раскислители-модификаторы, малоуглеродистая и колесная стали, модифицирование, химический состав, механические свойства.

Все современные стали представляют собой многокомпонентные системы из-за использования ломов, шихты различного состава, ферросплавов и чугунов. Как было показано в работах [1], взамен алюминия чушкового, который применяется при выпечной обработки малоуглеродистой стали Ст1кп для раскисления, был успешно применен многофункциональный раскислитель-модификатор [2], а для колесной стали КП-Т в технологию производства добавлен раскислитель-модификатор широкого спектра действия [3]. Но до сих пор недостаточно изучено влияние специальных раскислителей-модификаторов на стабилизацию химического состава и уровень механических характеристик. Поэтому целью данной работы является исследование влияния многофункциональных раскислителей-модификаторов на стабильность системы.

Материалами исследований являлись малоуглеродистая сталь Ст1кп, выплавленная на ОАО «Арселор-Миттал Кривой Рог» в 160-ти тонных конвертерах при температуре расплава 1605–1610 °С, а также колесная КП-Т, которую выплавляли в основной 250-ти тонной печи мартеновского цеха ОАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ» при температуре нагрева 1610 °С. Модифицированные стали Ст1кп и КП-Т обрабатывали многофункциональными раскислителями-модификаторами, составы которых защищены патентами Украины [2, 3]. Для стали Ст1кп использованы модификаторы системы Fe-Al-C-Mg-Mn-Si, а для КП-Т – системы Al-Mg-Si-Fe-C-Ca-Ti-Ce. Вводили модификаторы для стали Ст1кп: под струю при сливе металла из конвертера в ковш, а для КП-Т: на установке вакуумной обработки стали (УВОС).

Для выполнения поставленных в работе цели использовали современные методы исследований: химический и спектральный; электронномикроскопический; металлографический; определения механических свойств. Химический состав стали определяли по ДСТУ 2651-2006 и ТУ У 35.2-23365425-600:2006.

Химический состав Ст1кп и КП-Т включает основные легирующие элементы С, Mn, Si, которые определяют уровень прочности и пластичности готовой продукции. Вместе с тем, в стали присутствуют сопутствующие элементы, например, Cr, Ni, Cu, As, B, Mo, V, Ti, и др., которые попадают в нее из-за использования регламентированных по химическому составу ломов при выплавке стали, ферросплавов и из руды. То есть стали Ст1кп и КП-Т являются многокомпонентными системами, состоящими из 10 и более компонентов. Поэтому их состав в промышленных условиях контролируют по 15 элементам, а не по 10, как по ДСТУ и ТУ для стали КП-Т. Каждый из компонентов может заметно изменять состав неметаллических включений, основной матрицы, цементита, размер зерна, механические свойства и их стабильность. Нестабильность

межплавочного состава, особенно для колесной стали, опасна, поскольку колеса разных плавок будут обладать разными механическими свойствами, причем они могут находиться в пределах одного железнодоменного состава. В связи с этим возникла необходимость заменить традиционный раскислитель на многофункциональный раскислитель-модификатор [2] при выплавке стали Ст1кп и добавить при выплавке колесной стали КП-Т многофункциональный раскислитель-модификатор [3] с целью стабилизации химического состава и повышения уровня механических свойств. Компоненты модификатора были выбраны исходя из результатов термодинамических исследований.

На рис. 1 приведены основные термодинамические параметры соединений [4], которые могут формироваться в расплаве сталей при введении модификаторов. Рассматривали температуру плавления, энтальпию и энтропию образования карбидов, нитридов, оксидов и сульфидов [5], то есть тех субмикроскопических соединений, которые возникают в расплаве при введении многофункциональных модификаторов. Если образовывшееся соединение будет иметь более высокую температуру плавления, чем у стали, оно может стать центром кристаллизации и быть модификатором II рода (по механизму инокулирования). Важно знать также величины энтальпии и энтропии, чтобы определить «живучесть» соединения как модификатора. Как видно из нижеприведенных данных, наиболее благоприятное сочетание трех основных термодинамических параметров имеют соединения: TiN, VN, CeN, AlN, Mg₃N₂, CaO, MgO, Al₂O₃, TiO₂, TiO, CaS, TiS₂, MnS, MgS, TiS, CaS, VC, TiC.

Поэтому данная статья посвящена исследованию влияния многофункциональных раскислителей-модификаторов на статистические параметры, которые определяют стабильность системы. Одним из показателей стабильности является размах (разница между максимальным и минимальным значением параметра), отнесенный к минимальному значению (рис. 2). Делалось это потому, что необходимо было показать, насколько стабилизировался размах по вредным примесям, состав которых требовал также и снижения содержания.

Как видно из рис. 2, концентрационный размах (max-min) в серийных плавках, контрольных по отношению к модифицированным, очень большой. Как следует из экспериментальных данных, убывающий поэлементный ряд последовательности концентрационного размаха имеет вид:

Для стали Ст1кп:

Серийной:

Ni → Si → Cu → Cr → P → S → C → Mn → V → N
600 % 400 % 300 % 250 % 200 % 147 % 100 % 96 % 67 % 60 %;

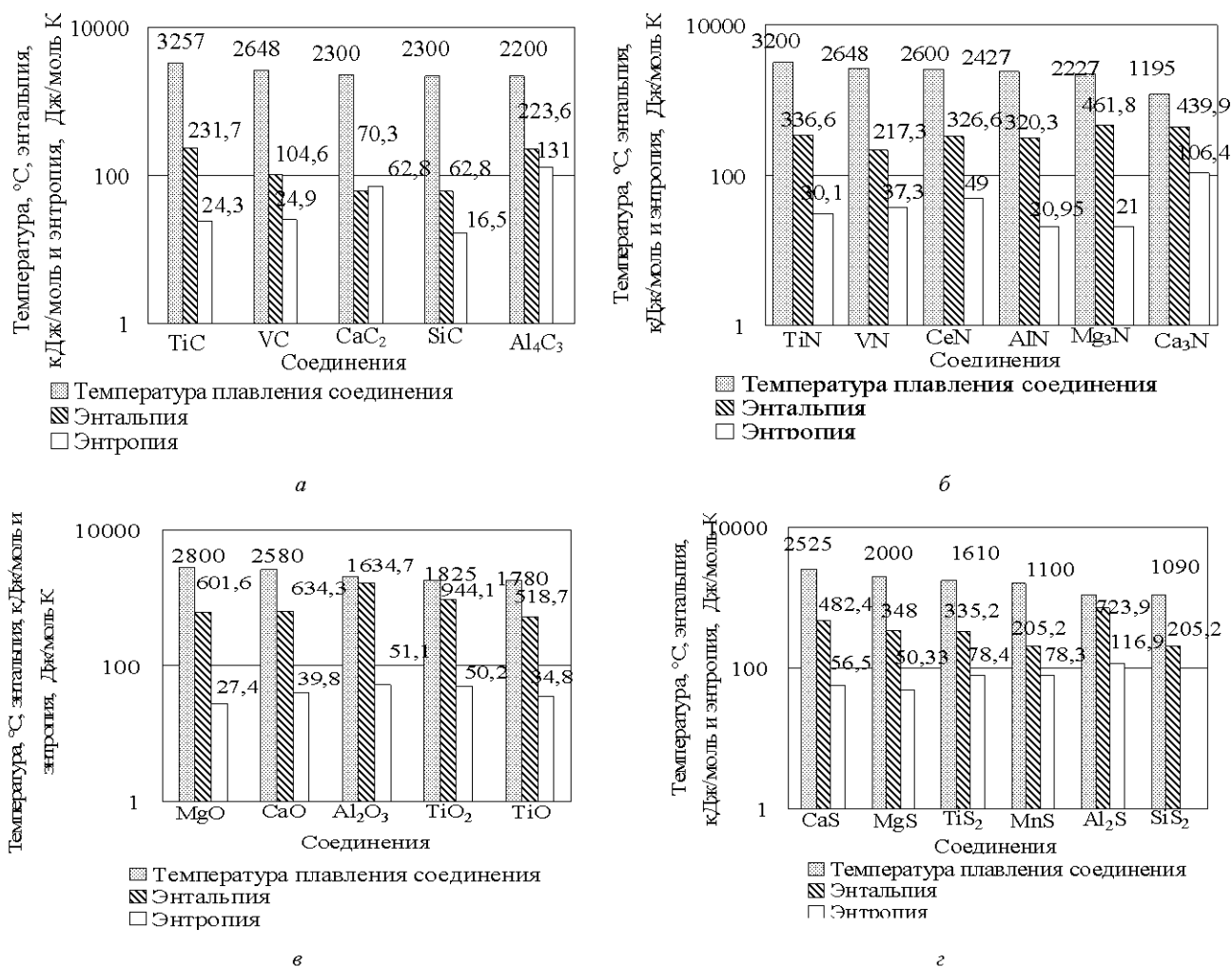


Рис. 1. Температуры плавления, энтальпии и энтропии образования карбидов (а), нитридов (б), оксидов (в) и сульфидов (г) (полулогарифмическая шкала)

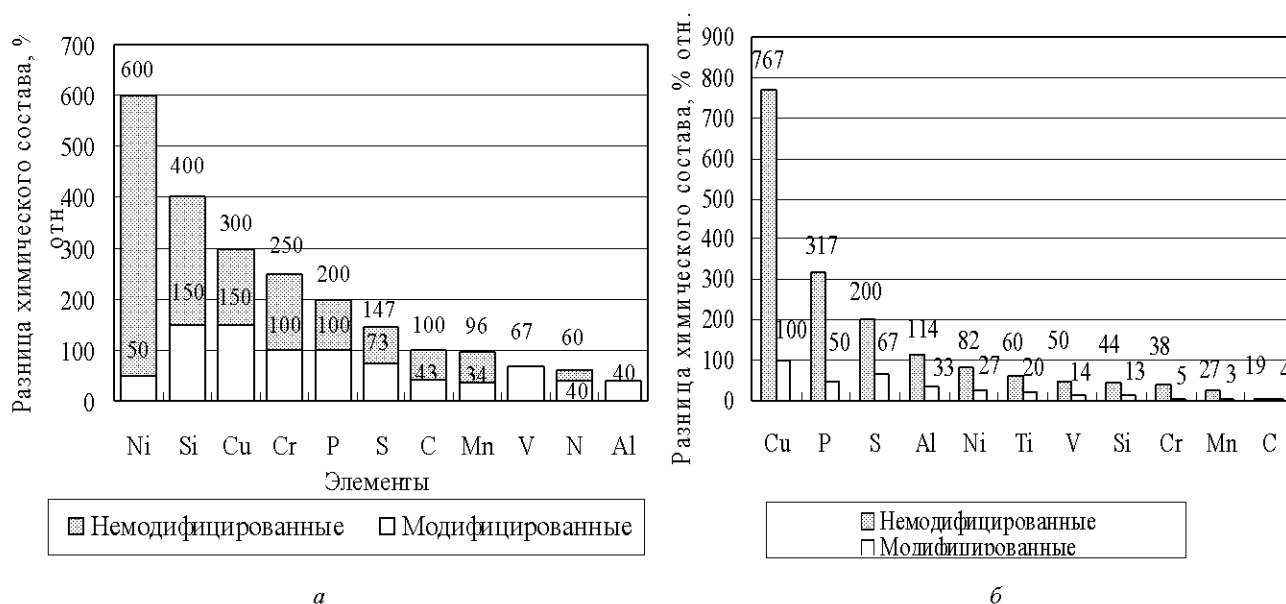


Рис. 2. Уменьшение размаха к min значению концентрации каждого компонента в сталях Ст1кп (а) и КП-Т (б) модифицированных и немодифицированных плавок

Модифицированной:

Si → Cu → Cr → P → S → V → Ni → C → N → Mn
150 % 150 % 100 % 100 % 73 % 67 % 50 % 43 % 40 % 34 %;

Для стали КП-Т:

Серийной:

Cu → P → S → Al → Ni → Ti → V → Si → Cr → Mn → C
767 % 317 % 200 % 114 % 82 % 60 % 50 % 44 % 38 % 27 % 19 %;

Модифицированной

Cu → S → P → Al → Ni → Ti → V → Si → Cr → C → Mn
100 % 67 % 50 % 33 % 27 % 20 % 14 % 13 % 5 % 4 % 3 %.

Ряд последовательности для модифицированной стали в сравнении с немодифицированной сталью той же марки отличается меньшим размахом поэлементного химического состава модифицированной стали благодаря стабилизирующему действию на расплав многофункциональных модификаторов-раскислителей и резким снижением содержаний серы, фосфора.

После выплавки сталей Ст1кп и КП-Т был проведен металлографический анализ их структур. Микроструктуры немодифицированной и модифицированной сталей представлены на рис. 3. Хорошо видно, что микроструктура модифицированной стали отличается от серийной немодифицированной большей однородностью зерен и меньшей разнотернистостью. Благодаря модифицированию решаются такие проблемы, как формирование мелкозернистой структуры; более равномерное распределения легирующих элементов и примесей в объеме всего слитка; повышение дисперсности структурных составляющих.

Исследованием структур серийной стали КП-Т и модифицированной многофункциональными модификаторами установлено, что в серийной немодифицированной стали по границам бывших аустенитных зерен выделяется избыточный феррит (около 5–7 %), который декорирует их. Путем сравнения (рис. 3 а, б) можно заключить, что после модифицирования зеренная структура измельчилась. Виден высокодисперсный перлит мелкозернистой структуры с единичными выделениями феррита по границам зерен в модифицированной стали марки КП-Т.

При модифицировании центры кристаллизации образуются в результате взаимодействия специальных многокомпонентных раскислителей-модификаторов со стальным расплавом (рис. 3, б)). Они достаточно равномерно распределены в объеме металла благодаря составу раскислителей-модификаторов, постоянству их геометрической формы и массы. При затвердевании слитка имеет место, в основном, объемная, а не ориентированная по теплоотводу кристаллизация. Преимущественный механизм объемной кристаллизации является одной из основных причин стабилизации химического состава и повышения уровня механических свойств сталей, модифицированных многофункциональными раскислителями-модификаторами.

Благодаря введению модификаторов под струю при сливе металла из конвертера в ковш, распределение субмикроскопических центров кристаллизации оказы-

вается значительно более равномерным. Это было подтверждено более ранними исследованиями состава стали, выплавленной в том же конвертере, что и Ст1кп, пробы которой отбирали при разливке вначале, середине и окончании процесса [6, 7]. При введении модификаторов на установке вакуумной обработки стали после выплавки колесной стали в мартеновской печи равномерное распределение субмикроскопических соединений, образовавшихся в процессе обработки расплава многофункциональными раскислителями-модификаторами, достигается за счет подачи аргона под давлением снизу ковша.

Одновременно со стабилизацией химического состава стабилизировался и повысился уровень механических свойств сталей Ст1кп и КП-Т. Как видно из рис. 4, механические свойства модифицированных малоуглеродистой и колесной сталей отличаются более высокими параметрами стабильности и уровнем по сравнению с серийными.

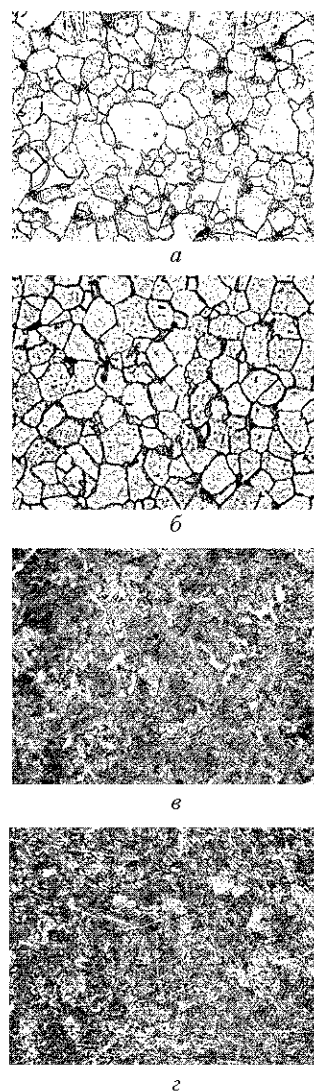


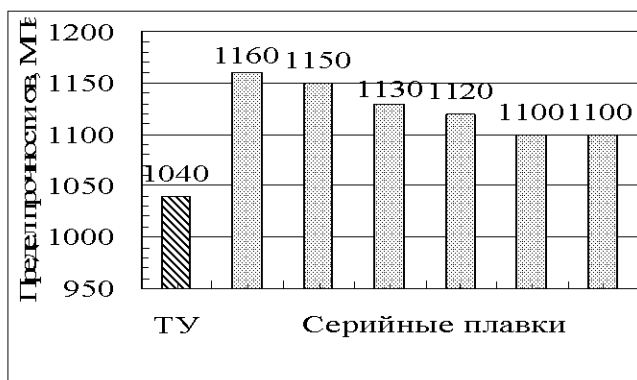
Рис. 3. Структура малоуглеродистой стали Ст1кп (серийной а) и модифицированной б) и колесной КП-Т (серийной в) и модифицированной г), × 600



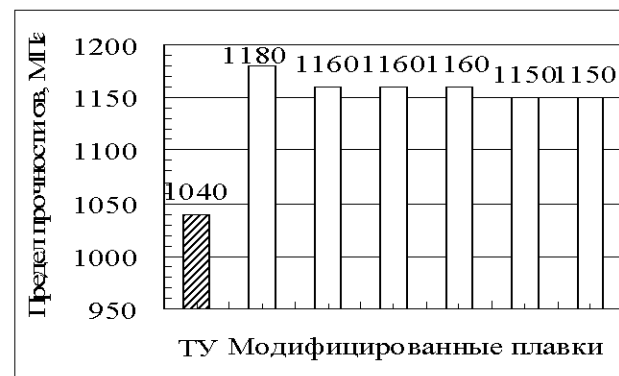
а



б



в



г

Рис. 4. Изменение механических свойств в малоуглеродистой стали Ст1кп (а, б) и колесной КП-Т (в, г) под влиянием модифицирования

В свете вышесказанного можно сделать следующие выводы.

1. Определено, что серийные стали Ст1кп и КП-Т, которые используют для изготовления арматуры и колес соответственно, имеют большой разброс механических свойств между плавками, обусловленный нестабильностью химического состава. Установлено, что одним из наиболее эффективным способом устранения этого недостатка является обработка расплавов многофункциональными раскислителями-модификаторами.

2. Установлено измельчение зерен и повышение дисперсности структуры в модифицированных сталях марок Ст1кп и КП-Т.

3. Модифицированием сталей Ст1кп и КП-Т достигнута значительная стабилизация химического состава, что подтверждено уменьшением размаха содержания каждого из элементов. Установлена стабилизация и повышение уровня механических свойств модифицированных сталей Ст1кп и КП-Т.

Стабильность химического состава и свойств определяет качество металлопродукции ответственного назначения из-за снижения риска обрывности и развития коррозионных повреждений металла, а также для колес из высокоуглеродистой стали марки КП-Т.

Список литературы

1. Исследования по «программе проведения работ опытно-промышленного опробования и экспериментальной отработки технологии внепечной обработки рядового металла в кислородно-конвертерном цехе добавкой технологической ДТ-3 по ТУ 09-2006-7-90»: Отчет по НИР (заключ.) / ДНУ, ВАТ «Криворіжсталь»; рук. Шаповалова О. М.; исполн. Шаповалов В. П., Чабанов В. В., Шаповалов А. В. и др. – Днепропетровск, 2005. – 68 с.
2. Пат. 85254 Україна МПК⁷ C22C 35/00 C22C 38/06 C21C 7/04, C21C 7/06. Композиційний розкислювач для обробки сталей. / Шаповалова О. М., Шаповалов В. П., Шаповалов О. В., Полішко С. О.; заявник та патентотримувач Дніпропетровський національний університет. – № а200700858; заявл. 26.01.2007; опубл. 12.01.2009, Бюл. № 1.
3. Пат. 93684 Україна C22C 35/00 C22C 1/06 C22B 9/10 C21C 1/00 C21C 7/06. Розкислювач-модифікатор для обробки розплавів сталей та сплавів / Шаповалова О. М., Шаповалов В. П., Шаповалов О. В., Полішко С. О.; заявник та патентотримувач Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара. – № а 200801124; заявл. 30.01.2008 р.; опубл. 10.03.2011 р., Бюл. № 5.
4. Теоретичні основи створення неплавлених модифікаторів широкого спектру дії для обробки рідкометалевих розплавів: отчет по НИР (заключ.) / кер. Шаповалова О. М., вик. Бабенко О. П., Дейнега А. В.,

- Івченко Т. І. і др. – Дніпропетровськ, 2008. – 295 с. – № ДР 0106U000811, № 7-138-06.
5. Волков А. И. Большой химический справочник / А. И. Волков, И. М. Жарский // Современная школа. – М., 2005. – 608 с.
 6. Шаповалова О. М. Высокоэффективные раскислители-модификаторы-микролегатуры / О. М. Шаповалова // Строительство, материаловедение. – Д. : Изд-во ПГА-СиА, 2001. – С. 11–17.
 7. Шаповалова О. М. Влияние обработки расплавов комплексными модификаторами на неметаллические включения в кремнемарганцовистой стали / О. М. Шаповалова, А. В. Калинин // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2006. – № 2. – С. 38–40.

Одержано 10.05.2012

Полішко С.О. Вплив багатофункціональних розкислювачів-модифікаторів на стабілізацію хімічного складу і підвищення рівня механічних властивостей сталей СТ1КП і КП-Т

Розглянуто вплив багатофункціональних розкислювачів-модифікаторів на стабілізацію хімічного складу і механічних властивостей сталей СТ1КП і КП-Т. З метою встановлення умов взаємодії компонентів багатофункціональних модифікаторів з розплавом досліджені термодинамічні характеристики сполук, що утворюються, які можуть формуватися при взаємодії багатокомпонентних розкислювачів-модифікаторів з розплавом.

Ключові слова: багатофункціональні розкислювачі-модифікатори, маловуглецева і колісна сталі, модифікування, хімічний склад, механічні властивості.

Polishko S. Influence of multifunction deoxidizers-modifiers on chemical composition stabilizing and mechanical properties level increase of steels CT1KP and KP-T

Influence of multifunction deoxidizers-modifiers on chemical composition stabilizing and mechanical properties of steels CT1KP and KP-T was considered. With the purpose of components co-operation terms establishment of multifunction modifiers with fusion thermodynamics descriptions of appearing connections which can be formed at co-operating of multi component deoxidizers-modifiers with fusion were investigational.

Key words: multifunction deoxidizers-modifiers, the low-carbon and wheeled became, retrofitting, chemical composition, mechanical properties.

,
1
э

о
х
—