

Таким чином, докладний аналіз структури та властивостей дає можливість стверджувати, що експериментальна сталь може бути рекомендована як заміник базової сталі. Це не призведе до зниження експлуатаційних властивостей, а вартість такого матеріалу дещо нижча.

Висновки

1. Вперше проведено аналітичне порівняння результатів випробування термоциклованим базової та експериментальної сталі 3Х2В8Ф.

2. Встановлено, що процеси, які протікають при випробуванні, подібні та швидкості їх несуттєво відрізняються.

3. Виявлено, що в експериментальній сталі втрата маси приблизно на 10–15 % менша, ніж у базовій сталі,

що гіпотетично викликано домішками, які можуть бути наявні у вольфрамовому брухті.

4. Висунуті рекомендації по заміні базової сталі експериментальною, оскільки експлуатаційні властивості знаходяться на регламентованому рівні, а вартість дещо нижча.

Список літератури

1. Глотка О. А. Дослідження важкотопкого брухту, що містить вольфрам / О. А. Глотка О, А. Д. Коваль, Л. П. Степанова // Нові матеріали та технології в металургії та машинобудуванні. – 2007. – № 1. – С. 17–20.

2. Глотка О. А. Структура і властивості інструментальної штампової сталі для гарячого деформування легованої вторинним вольфрамом / О. А. Глотка, А. Д. Коваль // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2010. – №2. – С. 33–36.

Одержано 31.05.2012

Глотка А.А., Коваль А.Д., Грешта В.Л. Термоциклирование штамповой стали 3Х2В8Ф, выплавленной с использованием вольфрамового лома

Сделан сравнительный анализ результатов термоциклирования штамповых сталей 3Х2В8Ф, выплавленных с использованием ферровольфрама и вольфрамового лома. Установлено сходство процессов, что протекают при испытании. Изменение структурно-фазового состояния происходит за похожими механизмами. Рекомендуется к внедрению экспериментальная сталь, легированная вольфрамовым ломом, взамен стандартной, что легирована ферровольфрамом.

Ключевые слова: сталь для горячего штампования 3Х2В8Ф, вольфрамовый лом, термоциклирование, структурно-фазовое состояние.

Glotka O., Koval A., Greshtha V. Steel 3X2 B8Ф thermocycling which is melted with use of tungsten breakage

The comparative analysis of steel 3Х2В8Ф thermocycling results melted with ferrotungsten and a tungsten breakage is made. It was established that similarity of processes that proceed at test. Phase condition structural change occurs under similar mechanisms. The experimental steel alloyed by tungsten breakage, instead of standard alloyed the ferrotungsten is recommended to introduction.

Key words: steel for a hot stamping 3Х2В8Ф, tungsten breakage, termocycle, structural-phase condition.

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 внепечной 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 нерегламентированных 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 плавков 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 образовавшееся 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%;

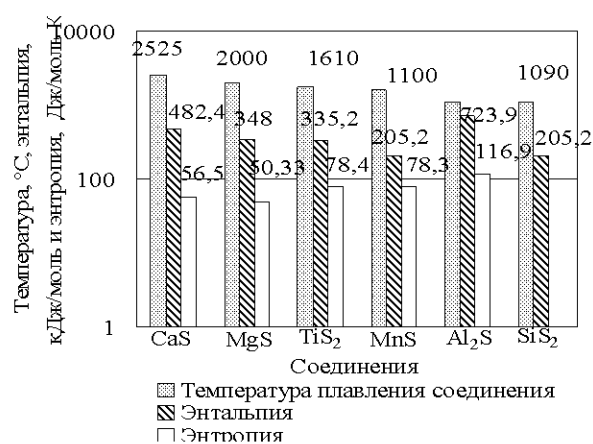
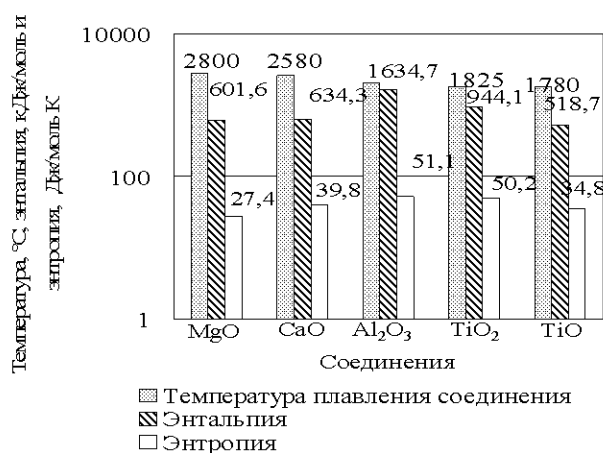
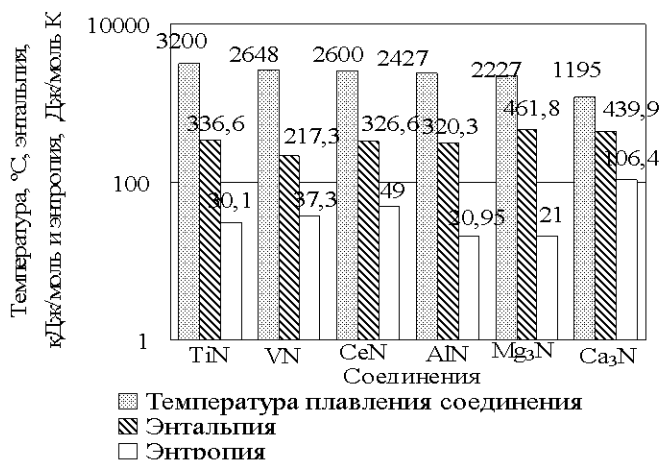
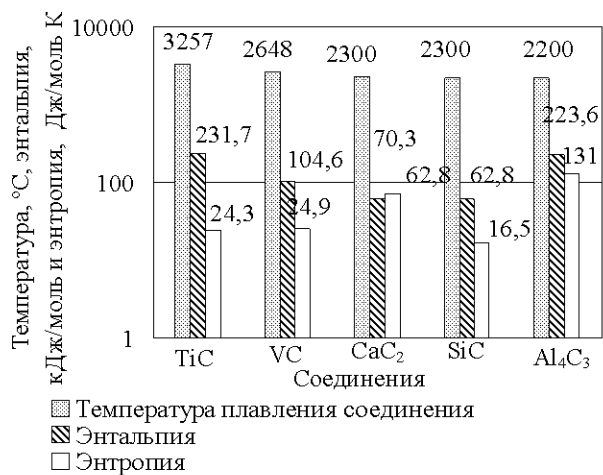


Рис. 1. Температуры плавления, энтальпии и энтропии образования карбидов (а), нитридов (б), оксидов (в) и сульфидов (г) (полулогарифмическая шкала)

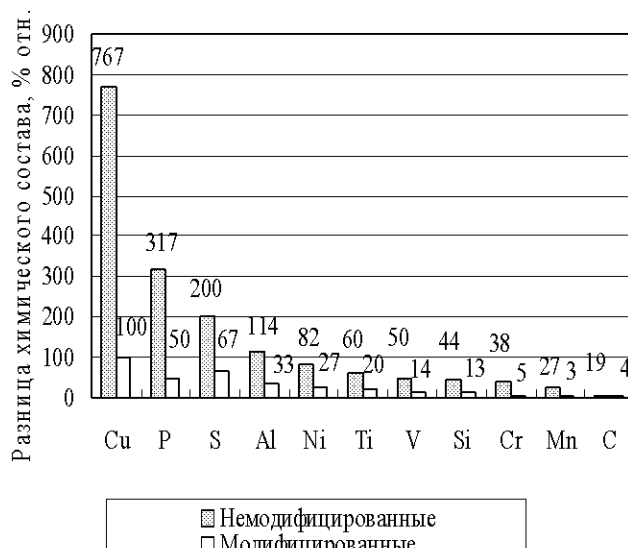
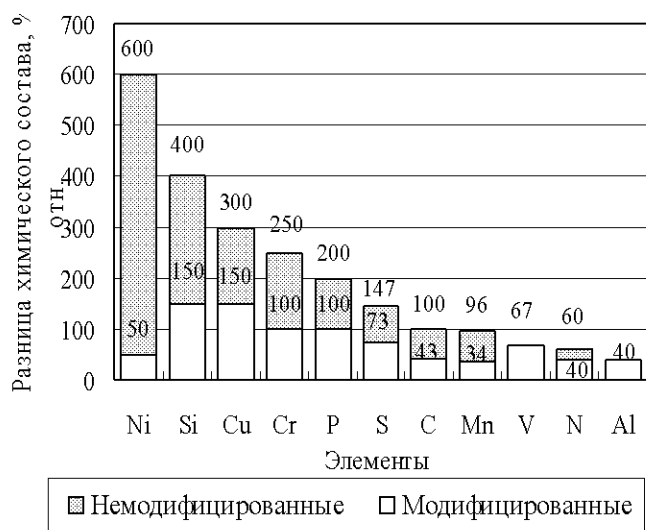


Рис. 2. Уменьшение размаха к min значению концентрации каждого компонента в сталях Ст1кп (а) и КП-Т (б) модифицированных и немодифицированных плавок

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 разносторонностью. Благодаря модифицированию решаются такие проблемы, как формирование мелкозернистой структуры; более равномерное распределения легирующих элементов и примесей в объеме всего слитка; повышение дисперсности структурных составляющих.

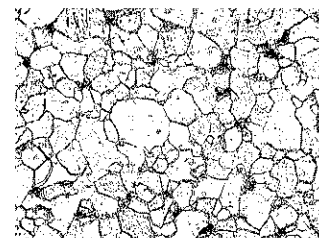
Исследованием структур серийной стали КП-Т и модифицированной многофункциональными модификаторами установлено, что в серийной немодифицированной стали по границам бывших аустенитных зерен выделяется избыточный феррит (около 5–7 %), который декорирует их. Путем сравнения (рис. 3 а, б) можно заключить, 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.

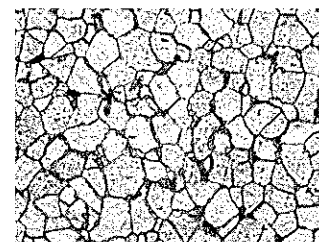
Благодаря введению модификаторов под струю при сливе металла из конвертера в ковш, распределение субмикроскопических центров кристаллизации оказы-

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.

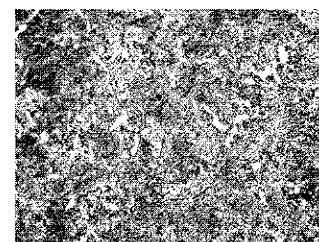
Одновременно со стабилизацией химического состава стабилизировался и повысился уровень механических свойств сталей Ст1кп и КП-Т. Как видно из рис. 4, механические свойства модифицированных малоуглеродистой и колесной сталей отличаются более высокими параметрами стабильности и уровнем по сравнению с серийными.



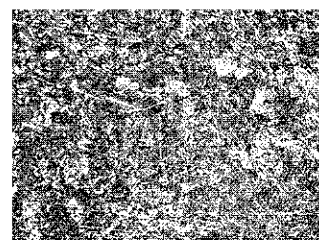
а



б



в



г

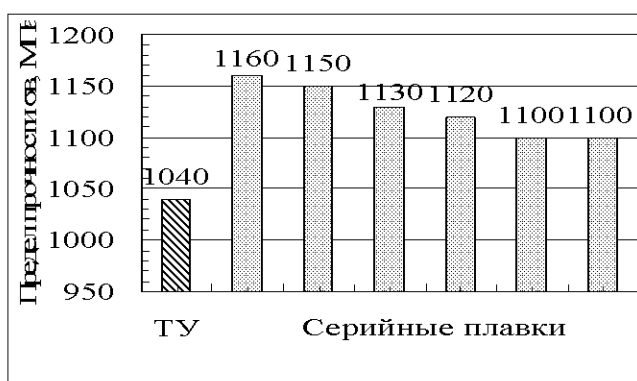
Рис. 3. Структура малоуглеродистой стали Ст1кп (серийной а) и модифицированной б) и колесной КП-Т (серийной в) и модифицированной г), × 600



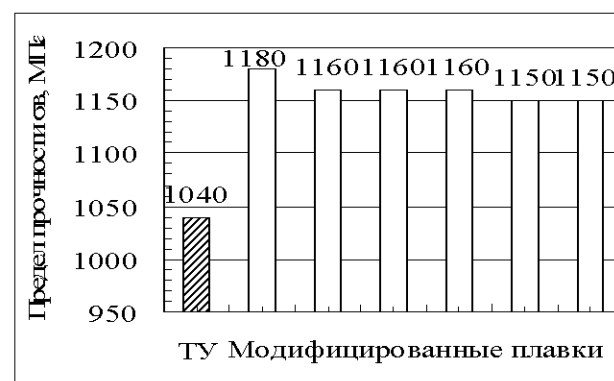
а



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 эффективных способов 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 С22С 35/00 С22С 38/06 С21С 7/04, С21С 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 С22С 35/00 С22С 1/06 С22В 9/10 С21С 1/00 С21С 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. Олеса 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-микролигатуры / 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 СТ1КП and КП-Т

Influence of multifunction deoxidizers-modifiers on chemical composition stabilizing and mechanical properties of steels СТ1КП and КП-Т 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.

УДК 621.74.045:669.245.018:620.193.53

Канд. техн. наук С. В. Гайдук¹, О. В. Гнатенко², канд. техн. наук А. Г. Андриенко¹, д-р техн. наук В. В. Наумик¹

¹Национальный технический университет, ²АО «Мотор Сич»; г. Запорожье

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ ПОЛЗУЧЕСТИ

Изучена кинетика и динамика структурных превращений при высокотемпературной ползучести образцов жаропрочных никелевых сплавов с монокристаллической макроструктурой. Установлено, что при повышении температуры испытаний механизм сопротивления высокотемпературной ползучести изменяется от перерезания и огибания частиц γ' -фазы дислокациями на переползание дислокаций.

Ключевые слова: жаропрочный никелевый сплав, структурные превращения, длительная прочность, высокотемпературная ползучесть, структура, γ' -фаза, морфология, дислокация, коагуляция.

До настоящего времени литейные жаропрочные никелевые сплавы интенсивно исследуются во всех мировых научных центрах, занимающихся разработкой новых и модернизацией существующих промыш-

ленных сплавов, способных долговременно и надежно работать в условиях влияния агрессивных коррозионных сред при высоких температурах [1, 2].

Структура жаропрочных сплавов представляет со-