

Д. Т. Н. Г. В. Серов¹, К. Т. Н. А. А. Комиссаров¹,
 К. Т. Н. С. М. Тихонов¹, Е. П. Сидорова¹ (✉), К. Т. Н. И. В. Кушнерев²,
 К. Т. Н. П. А. Мишнев³, К. Т. Н. Д. В. Кузнецов¹

¹ ФГАОУ ВО «НИТУ «МИСИС», Москва, Россия

² ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

³ ПАО «Северсталь», г. Череповец, Россия

УДК 666.762.32.043.1.017:621.746.329.017]:620.193

ВЛИЯНИЕ РАСКИСЛЕНИЯ НА СОСТАВ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния раскислителей на состав неметаллических включений в трубных сталях, выплавленных в вакуумной индукционной печи с периклазовой футеровкой. Выполнен термодинамический расчет активности кислорода в расплавах с лантаном, церием, алюминием и иттрием для металла четырех плавов. Оценены условия образования включений магнезиальной шпинели в зависимости от используемых раскислителей и глубины раскисления. Показаны влияние пониженных концентраций алюминия при ковшевой обработке металла на состав неметаллических включений и возможности их модифицирования в ходе промышленных плавов трубной стали.

Ключевые слова: трубная сталь, неметаллические включения, раскисление, активность кислорода, константа равновесия, периклазовая футеровка, модифицирование.

Среди факторов, снижающих коррозионную стойкость углеродистых и низколегированных сталей, используемых для нефтепромысловых трубопроводных систем, отмечают химический состав стали, присутствие серы, водорода, фосфора, неметаллических включений, микро- и макроструктуру металла, наличие дефектов прокатного производства [1, 2]. Опасными признаны коррозионно-активные неметаллические включения (КАНВ) двух типов: на основе алюминатов кальция с присутствием сульфидов кальция и алюмомагнезиевой шпинели с сульфидами кальция и марганца [2–4].

Современная технология выплавки и ковшевой обработки низколегированной стали широко использует присадки в жидкий металл Al и Ca для раскисления, десульфурации и решения проблем разлива стали. Длительное пребывание раскисленного металла в контакте со шлаком и периклазовой футеровкой ковша в условиях высоких температур, продувки расплава аргоном и вакуумирования создает благоприятные условия для образования алюмомагнезиевой шпинели [2, 4].

Цель исследования — изучение влияния раскисления расплава Al, La, Ce, Y на состав неметаллических включений в низколегированной

стали, выплаваемой в лабораторной печи с периклазовой футеровкой, а также влияния пониженных концентраций Al и S в металле на состав неметаллических включений в трубной стали, выплаваемой в промышленных условиях.

Проведены четыре опытные плавки низколегированной стали в 10-кг вакуумной индукционной печи в тигле из плавного периклаза (массовая доля MgO не менее 95 %). Раскисление производили La и Ce в присутствии малых остаточных содержаний алюминия Al, только Al, а также Y с Al. Плавки выполняли без наведения шлака.

Состав неметаллических включений изучали на литых образцах готовой стали. При лабораторных плавках исходной шихтой служило армо-железо производства ОАО ОЭМК. Плавление шихты массой 7800 кг проводили под вакуумом ($P_{\text{ост}} = 1$ мм рт. ст.), время нагрева до расплавления составило 49–53 мин. После расплавления шихты и достижения 1600 °C в рабочем пространстве печи напускали аргон, а в расплав последовательно вводили расчетные количества Si, Mn, Cr, графита и других материалов. Раскислители (Al, Y, мишметалл) вводили за 10 мин до окончания плавки. Слив металла из печи производили при 1600 °C в атмосфере аргона в изложницу, находящуюся в рабочем пространстве печи. Общее время плавки в опытах составило 88–93 мин. После окончательного затвердевания металла изложницу со слитком выгружали из рабочего пространства печи. От донной части слитка отрезали полосу толщиной



Е. П. Сидорова

E-mail: elena.sidorova91@gmail.com

5 мм для определения химического состава и исследований неметаллических включений.

Низколегированную сталь трубного сортамента выплавляли по описанной технологии при использовании разных раскислителей (табл. 1). В первых двух плавках для раскисления использовали мишметалл с содержанием Се 66,78 % и La 32,90 %, в третьей плавке металл раскисляли Al, в 4-й с Al дополнительно вводили Y. Присадки Ca не использовали.

Активность кислорода в равновесии с La, Се, Y, Al в расплаве для опытных плавков оценивали с помощью термодинамических расчетов. Данные, использованные в расчетах, приведены в табл. 2, 3. Термодинамические расчеты для лабораторных опытных плавков показали, что раскисленность металла в первых двух плавках контролируется La, в третьей — Al, в четвертой — Y (табл. 4).

Определение элементного состава неметаллических включений в образцах выполняли на

сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 3 SEM с энергодисперсионной приставкой EDX Oxford Instruments X-Act. Типичные составы образцов опытных плавков 1–4 представлены в табл. 5.

В составе неметаллических включений образцов металла плавков 1, 2 присутствуют La, Се, O и S, т. е. оксиды лантана и сульфиды церия, Mg не обнаружен. Содержание S коррелирует с содержанием Се: во включениях с пониженным содержанием Се (5,0–20,0 мас. %) содержание S составило 1,6–4,0 мас. %, во включениях с содержанием Се 30 мас. % и более — 6–10 мас. % соответственно.

Для плавки 3 активность кислорода в расплаве определялась Al, его содержание составило 0,044 мас. %, на плавке 4 в расплав вводили Al (0,031 мас. %) и Y (0,048 мас. %), и раскисленность металла контролировалась Y (см. табл. 4).

Во всех образцах плавки 3 в неметаллических включениях присутствовали O, Al, Mg, Mn

Таблица 1. Состав металла лабораторных плавков, мас. %

Номер плавки	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	V	Nb	Ti	Ce	Y	La
1	0,074	0,267	0,884	0,010	0,011	0,736	0,013	0,239	0,0077	0,005	0,0038	0,0021	0,023	–	0,004
2	0,076	0,233	0,309	0,010	0,013	0,504	0,033	0,243	0,0140	0,005	0,0034	0,0013	0,046	–	0,020
3	0,057	0,344	0,884	0,011	0,012	0,681	0,282	0,366	0,0440	0,005	0,0300	0,0150	0,014	–	–
4	0,060	0,358	0,883	0,010	0,012	0,679	0,293	0,366	0,0310	0,005	0,0310	0,0160	0,015	0,048	–

Таблица 2. Температурные зависимости констант равновесия K_p реакций раскисления [5–7]

Реакция	$K_p = \varphi(T)$	Величина K_p при 1873 К
$(La_2O_3) = 2[La] + 3[O]$	$\lg K_p = -\frac{58115}{T} + 12,57$	$3,48 \cdot 10^{-19}$
$(Al_2O_3) = 2[Al] + 3[O]$	$\lg K_p = -\frac{58320}{T} + 18,02$	$7,63 \cdot 10^{-14}$
$(Y_2O_3) = 2[Y] + 3[O]$	$\lg K_p = -\frac{67028}{T} + 20,19$	$2,53 \cdot 10^{-16}$
$(Ce_2O_3) = 2[Ce] + 3[O]$	$\lg K_p = -\frac{64128}{T} + 17,37$	$1,35 \cdot 10^{-17}$

Таблица 4. Концентрации элемента-раскислителя и равновесные значения активности кислорода, $T = 1873$ К

Элемент	Концентрация, мас. %	Активность кислорода $a_{[O]}$
Al	0,014	$7,1 \cdot 10^{-4}$
	0,044	$3,3 \cdot 10^{-4}$
La	0,004	$5,5 \cdot 10^{-5}$
	0,020	$8,1 \cdot 10^{-6}$
Ce	0,023	$1,6 \cdot 10^{-4}$
	0,046	$1,4 \cdot 10^{-4}$
Y	0,048	$4,9 \cdot 10^{-5}$

Таблица 3. Термодинамические параметры взаимодействия e_i^j для компонентов в жидком железе, $T = 1873$ К [7–9]

Элемент i	Элемент j									
	C	O	Al	Cr	S	Si	La	Mn	Y	Ce
Al	0,0966	-1,380	0,0450	–	–	0,056	–	–	–	–
Y	-0,3240	-4,410	–	–	–	–	–	–	0,03	–
La	-0,3300	-4,956	-0,0776	0,0216	-12,13	-0,350	-0,0078	–	–	–
Ce	-0,0770	-5,600	-2,5800	–	-40,00	–	–	0,13	–	0,0039

Таблица 5. Состав неметаллических включений в образцах металла плавков 1–4, мас. %

Номер плавки	Fe	La	Ce	O	S	Mg	Al	Ti	Cr	Mn	Y
1, 2	29,10	13,32	39,73	10,24	7,61	–	–	–	–	–	–
	44,27	11,13	29,25	9,55	5,90	–	–	–	–	–	–
	62,47	8,53	17,64	7,29	4,08	–	–	–	–	–	–
3	48,94	–	–	23,06	0,80	2,53	22,41	–	–	2,26	–
	28,86	–	–	31,17	–	2,81	34,17	0,20	–	0,82	–
	28,91	–	–	30,45	2,10	2,65	31,67	–	0,47	3,75	–
4	48,31	–	–	14,09	2,00	–	–	–	0,43	0,45	34,72
	71,41	–	–	9,84	0,53	–	–	–	0,55	0,81	16,87
	47,72	–	–	17,73	1,85	–	–	–	0,36	0,55	31,78

и S, т. е. с алюмомагниево́й шпинелью во включениях присутствуют сульфиды марганца (см. табл. 5). Крупность включений составила 2–6 мкм, часть из них имели форму, близкую к глобулярной. В неметаллических включениях плавки 4 присутствовали O, S, Y, Cr и Mn в концентрациях менее 1 %, Al и Mg не обнаружены. Глубокое раскисление металла Y послужило препятствием образованию Al_2O_3 и последующему образованию алюмомагниево́й шпинели по реакции $4(Al_2O_3) + 3[Mg] = 3(Al_2O_3 \cdot MgO) + 2[Al]$ [10].

Установлены благоприятные условия для образования алюмомагниево́й шпинели в плавке 3, несмотря на кратковременное нахождение раскисленного металла в тигле (10 мин). В плавке 4 раскисленность расплава контролировалась иттрием и кислород находился во включениях в виде оксида иттрия.

Алюмомагниево́я шпинель успешно образуется в металле, если расплав содержит Al в количестве, контролирующем раскисленность металла. Можно предположить, что условия для формирования неметаллических включений алюмомагниево́й шпинели и сульфидов при обработке стали в ковше с периклазовой футеровкой будут менее благоприятны с уменьшением концентрации Al и S в металле.

При внепечной обработке низколегированных сталей в промышленных условиях основным раскислителем, определяющим величину активности кислорода в расплаве, как правило, является Al. Его концентрация по ходу рафинирования изменяется от 0,02 до 0,06 мас. % и более. Влияние пониженных концентраций Al в расплаве на состав неметаллических включений оценили по результатам выплавки низколегированной трубной стали Северкор в промышленных условиях ПАО «Северсталь». С этой целью проследили изменение содержания Al и S в металле при выплавке и обработке 4 промышленных плавков.

Технология производства низколегированной трубной стали на ПАО «Северсталь» включает выплавку полупродукта в кислородном конвертере (КК), обработку стали на установке печь-ковш (УПК), рафинирование на установке вакуумирования стали (УВС), разливку на установке непрерывной разливки стали (УНРС). Технология обработки жидкой стали допускает при необходимости повторную обработку

на УПК после УВС. Одной из задач выплавки и обработки стали в ковше с периклазовой футеровкой является уменьшение содержания коррозионно-активных неметаллических включений.

В четырех промышленных плавках стали Северкор рассмотрели изменение содержания Al в стали по ходу ковшевой обработки, оценили влияние Al на формирование состава включений и их последующую модификацию. Во всех плавках (условные номера 5–8) чугун для кислородного конвертирования предварительно подвергали десульфурации на установке доводки чугуна (УДЧ). Конечное содержание S в чугуне составляло 0,0020 % (табл. 6).

Следует отметить различные количества введенного в металл на плавках Al (650–750 кг) в ходе выпуска полупродукта из КК при близких концентрациях углерода в конце окисления. При введении 750 кг Al на плавке 7, расплав в начале обработки на УПК содержал 0,095 % Al, после обработки на УПК 0,066 %, при вводе 650 кг Al на плавке 8 — соответственно 0,003 и 0,024 %. В основное время ковшевой обработки стали (УПК, УВС) раскисленность металла на плавках контролируется алюминием, ввод ферротитана и кальция производится при обработке на УВС незадолго до окончания рафинирования. Образцы металла всех четырех промышленных плавков успешно прошли испытания на механические и антикоррозионные свойства. Образцы металла плавки 8, проведенной с наименьшими концентрациями Al при ковшевой обработке и в готовом металле, подвергли дополнительному исследованию.

Металл плавки 8 был прокатан на стане 2800 с последующей закалкой полученных листов при 950 °С. Для определения режима отпуска, обеспечивающего оптимальное сочетание механических свойств и коррозионной стойкости, использованы 4 режима — при 200, 400, 500 и 600 °С. Были отобраны образцы стали, соответствующие этим температурам отпуска (табл. 7).

Во всех неметаллических включениях образцов обнаружено присутствие O, Al, Ca, Si, Cr и Mn. В подавляющем большинстве включений содержится Mg в количестве от 0,4 до 3 %, редко достигает 5–8 %. Si присутствует во всех включениях в концентрациях от 1–2 до 10 % и более,

Таблица 6. Содержание Al, C, S в стали по ходу выплавки и обработки

Номер плавки	Введение Al при сливе металла из конвертера, кг	Содержание, мас. %					
		C после окислительной продувки в КК	Al				S после обработки на УВС
			в начале обработки на УПК	после первой обработки на УПК	после второй обработки на УПК	после обработки на УВС	
5	700	0,033	0,023	0,047	0,030	0,032	0,0018
6	700	0,034	0,022	0,040	0,027	0,018	0,0014
7	750	0,024	0,095	0,066	–	0,033	0,0014
8	650	0,035	0,003	0,024	–	0,013	0,0015

Таблица 7. Механические свойства образцов после отпуска

Маркировка образца	Температура отпуска, °С	Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Класс прочности
1	200	586,3	438,3	27,2	K56
2	400	527,0	420,4	25,6	K52
3	500	507,3	412,0	30,1	K50
4	600	499,5	419,5	26,0	K50

Cr и Mn — 0,3–0,9 и 0,4–0,7 % соответственно. Содержание Ca в большинстве включений составляет от 1,0 до 13 %, в редких случаях достигает 18 % и более. Типичные составы образцов промышленных плавов представлены в табл. 8.

При высоком содержании Ca отмечается пониженное содержание Si и наоборот. При содержании Ca 15–25 % концентрация Si составляет не более 3 %. При содержании Ca менее 3 % Si присутствует в концентрациях более 4 % и достигает 15–20 % (при Ca 0,5 %). Появление Cr и Mn отмечено практически во всех включениях независимо от температуры отпуска. Отмечено появление Ti в концентрациях от 0,5 до 5,0 %. Повышенное содержание S 5–9 % коррелирует с высоким содержанием Ca (12–25 %).

Полученные опытные данные согласуются с результатами термодинамического моделирования процессов в системе металлический расплав – MgO для стали, раскисленной Al [11]. Расчет показал возможность трансформации включений корунда в алюмомагниевою шпинель уже при содержании Al 0,015–0,020 мас. %. При содержании Al менее 0,015 мас. % отмечено существенное снижение взаимодействия Al₂O₃ с Mg с образованием алюмомагниевою шпинели.

В работе [11] отмечена необходимость присутствия Ca в стали для модифицирования неметаллических включений и рассчитано его необходимое содержание. Эффективное модифицирование неметаллических включений возможно при концентрациях Al, близких к 0,01 мас. % и менее. Увеличение концентрации Al выше 0,02 мас. % приводит к резкому увеличению доли MgO·Al₂O₃ в неметаллическом включении.

Изменения концентрации элементов в неметаллических включениях в зависимости от параметров термообработки не установлено. Влияние

термообработки на коррозионные свойства металла можно оценить по изменению структуры металла в приграничных к включениям областях [12]. Размер неметаллических включений составляет от 3 до 5 мкм. Глобулярную форму преимущественно имеют включения с повышенным содержанием Ca, что можно объяснить появлением на поверхности включения легкоплавких алюминатов кальция. Примерный вид и состав неметаллического включения образца проката металла плавки 8 показаны на рис. 1, распределение элементов в этом включении — на рис. 2. Данное включение трудно отнести к коррозионно-активным вследствие его глубокой модификации за счет присутствия Ca, Si, Ti и в небольших концентрациях Cr и Mn. Низкое содержание Al в металле по ходу внепечной обработки (0,020 мас. % и менее) привело к участию в процессе раскисления Si и других компонентов расплава. Низкое содержание Al в металле ухудшает условия для образования алюмомагниевою шпинели, а последующее введение в расплав Ca приводит к модификации включений и изменению их свойств.

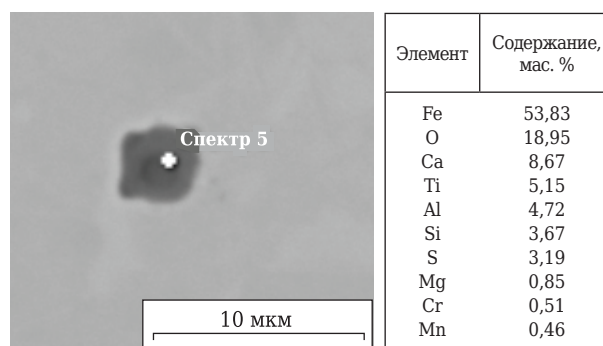


Рис. 1. Микрофотография и состав неметаллического включения образца проката (плавка 8)

Таблица 8. Состав неметаллических включений, мас. %, в образцах после отпуска

Номер образца	Fe	Mg	Ca	O	S	Si	Mn	Al	Ti	Cr	Cu
1	32,37	8,21	25,19	21,06	9,20	0,52	0,29	2,23	0,70	0,24	–
	63,93	0,56	5,37	19,05	0,32	7,23	0,53	1,32	–	0,98	0,60
	47,68	–	0,82	29,01	0,59	19,83	0,27	–	–	0,64	0,86
2	49,81	0,47	11,90	24,57	7,23	6,33	0,53	1,39	2,72	0,45	–
	45,49	2,29	1,52	30,12	0,58	10,19	0,31	3,88	4,33	0,69	0,60
	50,78	–	0,18	27,33	–	20,45	0,50	–	–	0,50	0,56
3	54,39	–	16,81	13,84	7,65	1,44	0,46	1,54	2,72	0,71	0,45
	56,68	5,75	4,82	16,32	2,82	1,48	0,55	8,04	0,26	0,61	0,67
	25,93	0,39	24,30	27,11	17,47	2,14	–	0,89	0,41	0,43	–
4	55,18	–	2,89	24,87	0,96	19,73	0,56	3,28	–	0,70	0,73
	78,99	–	3,60	7,98	1,12	4,35	0,99	0,73	0,70	0,73	0,56
	42,09	0,98	12,60	27,02	6,21	3,24	0,41	4,60	1,25	0,54	0,60

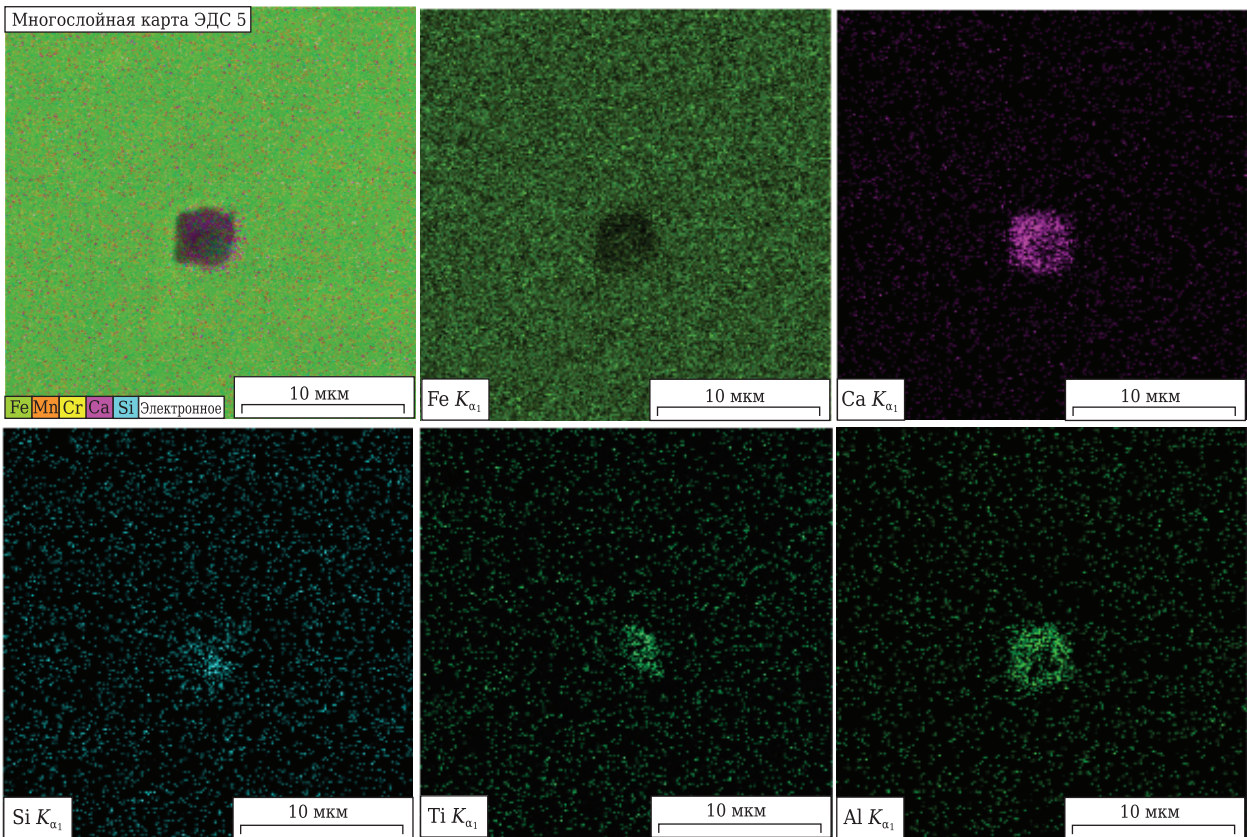


Рис. 2. Распределение элементов в неметаллическом включении образца проката (плавка 8)

При этом Ca может присутствовать в неметаллическом включении в виде оксида или сульфида, а Ti преимущественно в виде нитрида.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование La, Ce, Y для раскисления низколегированной стали при выплавке в индукционной вакуумной печи с периклазовой футеровкой в количествах, обеспечивающих контроль за раскисленностью расплава, позволило практически полностью исключить образование включений алюмомагниево-шпинели при концентрациях Al 0,008–0,031 мас. %. Раскисление низколегированной стали Al (0,044 мас. %) при выплавке в печи с периклазовой футеровкой приводит к появлению неметаллических включений с алюмомагниево-шпинелью.

Пониженные концентрации Al и S в металле в ходе внепечной обработки трубной стали Северкор приводят к формированию неметаллических включений сложного состава, включающих O, Ca, Mg, Al, S, а также Si, Mn, Cr, Ti. Неметаллические включения в образцах проката существенно модифицированы и уже не соответствуют обычным представлениям о КАНВ. В каждом четвертом из исследованных неметаллических включений (плавка 8) Mg не был обнаружен.

Установлены основные условия получения трубной стали чистой от КАНВ: использование при выплавке трубной стали чугуна с содержа-

нием серы не более 0,0020 мас. %; ограничение содержания Al (не более 0,020 мас. %) по ходу ковшевой обработки; регулирование времени и количества вводимых модификаторов (прежде всего Ca); введение технологических добавок Al в конце рафинирования и не ранее, чем перед присадкой ферротитана; управление шлаковым режимом.

* * *

Исследования проводили в рамках комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства по теме «Разработка и освоение наукоемкой технологии производства хладостойкого и коррозионностойкого проката для изготовления прямошовных газонефтепроводных труб в рамках инфраструктурного развития ТЭК РФ с целью импортозамещения» (постановление Правительства РФ № 218 от 09.04.10, договор № 02.025.31.0141).

Библиографический список

1. **Кац, Н. Г.** Химическое сопротивление материалов и защита оборудования для нефтегазопереработки от коррозии / Н. Г. Кац, В. П. Стариков, С. Н. Парфенова. — М. : Машиностроение, 2011. — 436 с.
2. **Зайцев, А. И.** Комплексные неметаллические включения и свойства стали / А. И. Зайцев, В. С. Крапошин, И. Г. Родионова [и др.]. — М. : Metallurgizdat, 2015. — 276 с.
3. **Григорович, К. В.** Влияние технологии раскисления трубных сталей на состав и количество неметаллических включений / К. В. Григорович, Т. В. Шибалева, А. М. Арсенкин // Металлы. — 2011. — № 5. — С. 164–170.

4. **Зайцев, А. И.** Новые типы неблагоприятных неметаллических включений на основе $MgO-Al_2O_3$ и металлургические факторы, определяющие их содержание в металле. Часть I. Причины и механизмы образования в стали неметаллических включений на основе алюмомагнезиевой шпинели / А. И. Зайцев, И. Г. Родионова, Г. В. Семернин [и др.] // *Металлург.* — 2011. — № 2. — С. 50–55.
5. **Михайлов, Г. Г.** Термодинамическое моделирование процессов взаимодействия лантана с компонентами металлических расплавов на основе железа / Г. Г. Михайлов, Л. А. Макроец, Л. А. Смирнов // *Изв. вузов. Черная металлургия.* — 2015. — Т. 58, № 12. — С. 877–883.
6. **Yong, W.** Effect of lanthanum and boron on the microstructure and magnetic properties of non-oriented electrical steel / W. Yong, C. Weiging, W. Shaojie // *High Temperature Materials and Processes.* — Vol. 33, № 2. — P. 115–121.
7. **Михайлов, Г. Г.** Термодинамика процессов взаимодействия иттрия, кальция, магния и алюминия с кислородом в жидкой стали / Г. Г. Михайлов, Л. А. Макроец, Л. А. Смирнов // *Вестник ЮУрГУ, сер. «Металлургия».* — 2016. — Т. 16, № 2. — С. 5–13.
8. *Steelmaking Data Sourcebook. Revised Edition by The Japan Society for the Science. The 19th Committee on Steelmaking. Gordon and Breach Science Publishers. — New York, 1988. — 325 p.*
9. **Белковой, Ю. В.** Параметры взаимодействия первого порядка в расплавах на основе железа : обзор. информ. / Ю. В. Белковой, Р. А. Алеев, В. К. Баканов. — М. : Черметинформация, 1987. — 42 с.
10. **Yang, W.** Characteristics of inclusions in low carbon Al-killed steel during ladle furnace refining and calcium treatment / W. Yang, L. Zhang, X. Wang [et al.] // *ISTJ International.* — 2013. — Vol. 53. — P. 1401–1410.
11. **Кушнерев, И. В.** Прогнозирование состава количества неметаллических включений при производстве трубных сталей / И. В. Кушнерев, Г. В. Серов, С. М. Тихонов [и др.] // *Новые огнеупоры.* — 2017. — № 12. — С. 36–41.
- Kushnerev, I. V.** Prediction of nonmetallic inclusion composition and amount during low-alloy pipe steel production / I. V. Kushnerev, G. V. Serov, S. M. Tikhonov [et al.] // *Refractories and Industrial Ceramics.* — 2017. — Vol. 58, № 6. — P. 660–665.
12. **Родионова, И. Г.** Влияние неметаллических включений на коррозионную стойкость углеродистых и низколегированных сталей для нефтепромысловых трубопроводов / И. Г. Родионова, О. Н. Бакланова, А. В. Амежнов [и др.] // *Сталь.* — 2017. — № 10. — С. 41–48. ■

Получено 12.11.18

© Г. В. Серов, А. А. Комиссаров, С. М. Тихонов, Е. П. Сидорова, И. В. Кушнерев, П. А. Мишнев, Д. В. Кузнецов, 2018 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

UNITECR 2019

Refractories for the Future:
Collaboration among Customers, Manufactures and Academia in Pursuit of Further High-Temperature Technology

Дата 13–16 октября 2019 г.

Место Pacifico Yokohama
г. Йокогама, Япония

Темы:

- Огнеупоры для производства:
 - железа и стали
 - стекла
 - цемента
- Огнеупоры для цветной металлургии
- Огнеупоры для нефтехимических процессов
- Огнеупоры для сжигания отходов
- Сырье
- Экологическая устойчивость и переработка сырья
- Достижения в области производства и оборудования
- Огнеупорные инженерные системы и дизайн
- Новые разработки
- Базовая наука
- Энергосбережение и теплоизоляция
- Тестирование огнеупоров
- Образование
- Промышленное применение огнеупоров
- Высокотемпературная инженерная керамика
- Сотрудничество между клиентами, производствами и научными организациями

Hosted by TARJ. Technical Association of Refractories, Japan

<http://unitecr2019.org/index.html>