Разработка хладостойких литых сталей и чугунов с использованием лигатур на основе концентратов Томторского месторождения

Федотов А.Е., студент
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
г. Якутск
E-mail: alesha.fedotov.96@mail.ru

Научный руководитель:
к.т.н., доцент Михайлов В.Е.

Результатами исследований, проводимых совместно учеными ЦНИИ КМ «Прометей», ЦНИИЧерМет РАН, ИМЕТ РАН, ИФТПС СО РАН, НИУ СПбГПУ, НИУ ИТМО, других институтов России и зарубежных стран, показано, что наиболее часто причинами разрушений сварных конструкций, работающих в условиях Крайнего Севера, являются:

- несоответствие основного конструкционного материала требованиям по хладостойкости (около 40 %);
- использование технологии и сварочных материалов, не обеспечивающих требуемую хладостойкость сварного соединения (около 30 % разрушений).

Механические свойства и хладноломкость стали можно увеличить следующими способами: 1) измельчением зерна; 2) упрочнением феррита атомами легирующих элементов и примесей, образующими твердые растворы внедрения и замещения; 3) упрочнением выделениями частиц второй фазы различной степени дисперсности.

Легирующие элементы оказывают влияние на размеры зерен, состояние их границ, количество, форму и распределение фаз в стали.

Для улучшения свойств черных металлов применяют рафинирующие сплавы, сфероидизирующие, графитизирующие и смесевые модификаторы в порошковой проволоке для обработки чугуна, а также модификаторы-инокулянты для стали. Рафинирующие сплавы представляют собой сплавы на основе ферросилиция с высоким содержанием активных веществ: магния, кальция, редкоземельных элементов. Они обеспечивают глубокую очистку чугуна от вредных примесей и неметаллических включений. Сфероидизирующие модификаторы предназначены для образования в структуре чугуна шаровидной или компактной (вермикулярной) формы графита. Комплексные модификаторы такого типа — это сплавы на основе ферросиликомагния FeSiMg, с добавкой активных компонентов. Магний является главным элементом, который создает условия для образования графита шаровидной или вермикулярной формы. Долю этого вещества, от 4 до 9%, в основном определяют способом введения модификатора, температуры чугуна и содержания в нем серы. Кальций снижает реактивную способность магния в жидком чугуне, повышая его усвоение и ослабляя пироэффект. Кроме того, он способствует измельчению металлической матрицы чугуна. Редкоземельные элементы (Ce, La, Nd, Pr) необходимы для нейтрализации вредного влияния элементов-демодемодификаторов (Pb, Sb, Bi и др.). Активно взаимодействуя с серой и кислородом, они освобождают магний для сфероидизации графита. Образующиеся в ходе реакции сульфиды и оксиды редкоземельных материалов (РЗМ) становятся центрами кристаллизации графита. Кроме того, РЗМ повышают живучесть модификатора. Графитизирующими модификаторами являются сплавы на основе

ферросилиция с гарантированным содержанием кальция и алюминия. Их используют для обработки серого и высокопрочного чугуна. В зависимости от состава они позволяют выравнивать структуру чугуна по всему объему отливки, устранять отбел в ее тонких сечениях и повышать механические свойства серого чугуна. Эти вещества улучшают форму графитовых включений, предотвращают появление газовой пористости и дефектов усадочного характера. Модификаторы-инокулянты служат для улучшения качества литья и слитков при внепечной обработке жидкой стали.

Известны лигатуры и модификаторы с РЗМ, которые применяются для изготовления хладостойких сталей и чугунов.

Лигатура с РЗМ. ТУ 14-5-136-81

Марка	Массовая доля, %					фракция, мм
	РЗМ	Si	Al		Fe	
			Кл.А	кл.Б		
ФС30РЗМ30	30-40	30-50				
ФС30РЗМ20	20-30	30-55				
ФС30РЗМ15	15-20		2.0-3.0	3.0-6.0	ост	1-17
ФС30РЗМ10	10-15	30-60				
ФС30РЗМ5	5-10					

Лигатуры с Са, Ва и РЗМ применяют в производстве труб для магистральных нефте- и газопроводов, запорной арматуры, деталей ходовой части гусеничных машин и других металлоизделий, работающих при низких температурах.

Модификаторы комплексные ТУ 14-5-134-86

Марка	Химический состав, %					
	Mg	Ca	РЗМ	Si	Al	Fe
	в пределах				не более	
ФСМг9	8,5-10,5	0,2-1	0,3-1	50-60	1,2	ост.
ФСМг7	6,5-8,5	0,2-1	0,3-1	45-55	1,2	ост.
ФСМг5	4,5-6,5	0,2-1	0,3-1	45-55	1,2	ост.

Томторское комплексное, редкометальное месторождение находится на северо-западе Республики Саха (Якутия) Российской Федерации, в пределах Оленёкского улуса, в 400 км к югу от побережья моря Лаптевых, на водоразделе рек Удя и Чимара. Географические координаты центра месторождения: 71°02' северной широты, 116°33' восточной долготы.

Состав природного концентрата участка «Буранный»:

На государственный баланс поставлены запасы руды в контурах открытой отработки в количестве 1178,4 тыс. т, в т.ч. оксидов (Таблица 1. [1]):

- ниобия – 72,621 тыс. т при среднем содержании 6,71%;

- редкоземельных элементов цериевой группы – 112,309 тыс. т при среднем содержании их в руде 9,53%;
- иттрия – 7,009 тыс. т при среднем содержании 0,595%;
- скандия – 0,563 тыс. т при среднем содержании 0,048%.

Таблица 1

Химический состав руды месторождения Томтор

№ п/п	Элемент (оксид) [Element (oxide)]	Содержание [Content], %	№ п/п	Элемент (оксид) [Element (oxide)]	Содержание [Content], %
1	Ag	<0,01	33	Nb ₂ O ₅	4,0
2	Al ₂ O ₃	14,4	34	Nd ₂ O ₃	2,5
3	As	0,37	35	Ni	0,007
4	Au	<0,003	36	P ₂ O ₅	22,5
5	B	0,19	37	Pb	0,25
6	BaO	2,9	38	Pd	<0,005
7	Be	<0,001	39	Pr ₆ O ₁₁	0,62
8	CaO	8,5	40	Pt	<0,005
9	Cd	0,004	41	Re	<0,005
10	CeO ₂	9,3	42	Rh	<0,003
11	Co	<0,001	43	Ru	<0,0001
12	Cr	0,06	44	S	2,3
13	CuO	0,14	45	Sb	<0,02
14	Dy ₂ O ₃	0,19	46	Sc (Sc ₂ O ₃)	0,04 (0,061)
15	Er ₂ O ₃	0,17	47	SrO	3,7
16	EuO	0,12	48	SiO ₂	1,9
17	Fe	3,6	49	Sm ₂ O ₃	0,39
18	Ga	<0,05	50	Sn	<0,01
19	Gd ₂ O ₃	0,32	51	Ta ₂ O ₅	0,08
20	Hf	<0,002	52	Tb ₄ O ₇	0,03
21	Hg	<0,007	53	Te	<0,01
22	Ho ₂ O ₃	0,04	54	ThO ₂	0,14

Таким образом, состав руд Томторского месторождения подходит для разработки лигатур и модификаторов для получения хладостойких сталей и чугунов.

Список литературы:

1. М.Ю.Малькова, А.Н. Задиранов. Исследование гранулометрического и химико-минерального составов руд месторождения Томтор / Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования 2018, Том 19, №2, С. 246-253.