

УДК 621.74 669.017 669.15.196

**А. А. Шейко, В. П. Латенко, Б. Г. Зеленый, В. Н. Бондаревский,
Г. Д. Хуснутдинов, Н. П. Моисеева**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

КОРРОЗИОННОСТОЙКИЙ АУСТЕНИТНЫЙ ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН ЧН9Г4ДЗШ

Изучены влияние различных инокуляторов, температуры заливки, толщины стенок отливок, различного содержания в чугунах марганца на структуру аустенитного чугуна, легированного 9 Ni, 3 % Cu, а также хладостойкость аустенитной матрицы при охлаждении отливок до температуры минус 100 °С и коррозионную стойкость в растворе-имитаторе пластовой жидкости.

Вивчено вплив різних інокуляторів, температури заливки, товщини стінок виливків, вмісту в складі чавуна марганцю на структуру аустенітного чавуна, легованого 9 Ni, 3 % Cu, а також на стабільність аустенітної матриці при охолодженні виливків до температури мінус 100 °С та корозійну стійкість чавуну в розчині-імітаторі пластової рідини.

It was study the influence of reason inoculators, temperature of pouring, thickness of castings, contants of manganese on the structure of austenitic cast iron, containing 9 Ni, 3 Cu %. It was study stability of its austenitic matrix under cooling to minus 100 °C and corrosion resistance in solution-imitator of oil-field water.

Ключевые слова: аустенитный чугун, инокуляторы, матрица, коррозионная стойкость.

В продукции машиностроения значительный объем занимают литые детали, обеспечивающие работоспособность машин и оборудования в агрессивных средах. Для этой цели используется прокат высоколегированных сталей, в частности 12X18H10T, 09X13G19, при низком коэффициенте использования металла и значительной трудоемкости изготовления изделий. Широко также используются литые детали из высоконикелевого чугуна “Нирезист” и более экономно легированного “Номаг” марок ЧН9Г6Ш, ЧН9Г6ДЗШ [1, 2].

При кристаллизации легированного чугуна вследствие ликвации вблизи карбидного включения содержание никеля снижается на 1 %, меди – до 0,5 %, содержание марганца в карбидном включении повышается до 16 %.

Интенсивность электрохимической коррозии аустенитного чугуна прямо зависит от того, в каком состоянии присутствует в чугунах углерод, в связанном или свободном. Электродвижущая сила (разность потенциалов) гальванического элемента графит-цементит достигает значительной величины и составляет 0,80 В, что может обусловить не только равномерную коррозию аустенитного чугуна в агрессивной среде, но при образовании в его структуре крупных конгломератов цементитной фазы привести к питтинговой коррозии, крайне неприемлемой для коррозионностойких материалов.

Термическая обработка такого чугуна может решить проблему. Однако этот вид обработки не всегда приемлем в практике производства отливок из аустенитных чугунов.

Аустенитный чугун ЧН9Г4ДЗШ менее склонен к ликвации элементов и может быть использован вместо чугунов ЧН9Г6Ш и ЧН9Г6ДЗШ при условии получения оптималь-

ного соотношения структурных составляющих в его металлической основе, приводящих к минимизации коррозионных процессов на поверхности отливки под действием агрессивной среды [3].

При замене проката стали на аустенитный высокопрочный чугун в 1,5 раза уменьшается металлоемкость деталей, масса деталей становится на 7 % меньше за счет разности удельной массы чугуна и стали, показатель предела текучести находится в пределах 260-320 МПа, что в 1,3-1,5 раза выше, чем у проката стали 12Х18Н10Т.

Для сфероидизации графитных включений в чугуне ЧН9Г4ДЗШ применялся один из наиболее эффективных модификаторов – ФСМг7, который в количестве 2 % вводили на дно ковша и который взаимодействовал с расплавом при заполнении ковша жидким чугуном из электропечи.

После модифицирования жидкий чугун обрабатывали такими графитизирующими присадками, как ферросилиций ФС75, ферросиликобарий СБ, который в своем составе содержал 7 % Ва, ферросиликостронций ССт - с 10 % Sr, ферросиликоцирконий марки ФСЦР - с 45 % Zr. Количество этих инокуляторов, последовательность их ввода в расплав, а также их содержание в смесях приведены в табл. 1 и 2.

Исследовали влияние указанных присадок на параметры графитной фазы (площадь, занятая графитом, количество включений графита, их дисперсность), количество карбидной составляющей (табл. 1, 2), количество ферромагнитной составляющей в зависимости от толщины стенок отливок и температуры заливки. Температура заливки литейных форм составила 1300 ± 10 и 1400 ± 20 °С, толщина стенок отливок - 3,5; 6; 11; 16; 30 мм.

Сравнительный анализ результатов показывает, что все перечисленные инокуляторы обладают высокой графитизирующей способностью как при затвердевании тонкостенных отливок, так и отливок с толщинами стенок 16-30 мм.

Даже в тонкостенных отливках (3,5 мм) площадь, занятая графитными включениями, при температуре заливки 1400 °С составляет 9 %, при 1300 °С она превышает 6 %, а общее количество графитных включений находится в пределах 2498-3084 и 1848-2788 шт/мм² соответственно. При более высокой температуре заливки возрастает количество высокодисперсных включений графита шаровидной формы размером до 5 мкм.

При температуре заливки 1400 °С в структуре чугуна ЧН9Г4ДЗШ толстостенных отливок (16-30 мм) при использовании всех перечисленных инокуляторов количество цементитной фазы незначительно и находится в пределах 0,15-0,30 %, что свидетельствует о высокой эффективности этих присадок.

Для более тонкостенных отливок предпочтительно проводить графитизирующую обработку чугуна ФС75 или смесью ФSiSr и ФСБа.

При более низкой температуре заливки (1300 °С) такая графитизирующая обработка расплава также приводит к положительным результатам. Поэтому такой вид графитизирующей обработки был использован и для определения влияния марганца при его содержании в чугуне от 3 до 4 % на количество в его структуре ферромагнитной фазы (ФМФ) в зависимости от толщины стенок отливок и температуры заливки литейных форм (рисунок).

Для чугуна ЧН9Г4ДЗШ количество ФМФ не изменяется в зависимости от этих факторов и не превышает 0,8 %. Дальнейшее снижение содержания марганца в составе легирующих компонентов вплоть до 3 % приводит к существенному росту ФМФ, начиная с отливок с толщиной стенки 11 мм и выше. Причем, количество ФМФ возрастает до 2,2 %. В структуре чугуна отливок с толщиной стенки 30 мм наблюдается α -мартенсит.

Поэтому актуальным является вопрос о степени стабильности аустенитной металлической основы чугуна ЧН9Г4ДЗШ в условиях отрицательных температур.

Для определения уровня хладостойкости аустенитных чугунов были проведены dilatометрические исследования образцов аустенитных чугунов ЧН12Г2Ш, ЧН9Г3ДЗШ, ЧН9Г4ДЗШ, ЧН9Г6ДЗШ при их охлаждении до температуры минус 100 °С. При стабильной аустенитной металлической матрице охлаждение образцов приводит к равномерному уменьшению их длины. В то же время образцы из чугуна ЧН12Г2Ш начинают

Таблица 1. Характеристика структуры чугуна ЧН9Г6Д3Ш при температуре заливки 1400±20 °С

Номер плавки	Толщина отливки, мм	Площадь включений графитов, %	Количество включений графита, шт/мм ²	Относительное количество графитных включений (%) размером, мкм				Количество карбидных включений, %	Внепечная обработка расплава
				0-5	5-10	10-15	>30		
25	3,5	10,00	2498	50	40	10	0	2,73	0,2 % СБ→0,6 % ФС75
87	3,5	9,20	3084	60	40	0	0	0,28	0,7 % ФСЦР→0,6 % ФС75
124	3,5	9,40	2824	45	45	10	0	0,20	0,3 % ССГ+0,1 % СБ→0,3 % ФС75
25	6	11,40	1664	55	25	20	0	1,33	0,2 % СБ→0,6 % ФС75
87	6	9,50	1404	50	45	5	0	1,25	0,7 % ФСЦР→0,6 % ФС75
124	6	9,60	2448	40	50	10	0	0,25	0,3 % ССГ+0,1 % СБ→0,3 % ФС75
25	11	10,30	1082	60	25	10	5	0,25	0,2 % СБ→0,6 % ФС75
87	11	9,70	906	60	35	5	0	0,65	0,7 % ФСЦР→0,6 % ФС75
124	11	10,50	1116	40	35	20	5	0,25	0,3 % ССГ+0,1 % СБ→0,3 % ФС75
25	16	8,0	746	50	30	15	5	0,20	0,2 % СБ→0,6 % ФС75
87	16	8,5	728	50	35	13	2	0,25	0,7 % ФСЦР→0,6 % ФС75
124	16	9,30	1322	45	35	18	2	0,20	0,3 % ССГ+0,1 % СБ→0,3 % ФС75
25	30	8,80	928	60	25	10	5	0,15	0,2 % СБ→0,6 % ФС75
87	30	10,5	948	40	30	25	5	0,20	0,7 % ФСЦР→0,6 % ФС75
124	30	10,00	928	40	35	20	5	0,30	0,3 % ССГ+0,1 % СБ→0,3 % ФС75

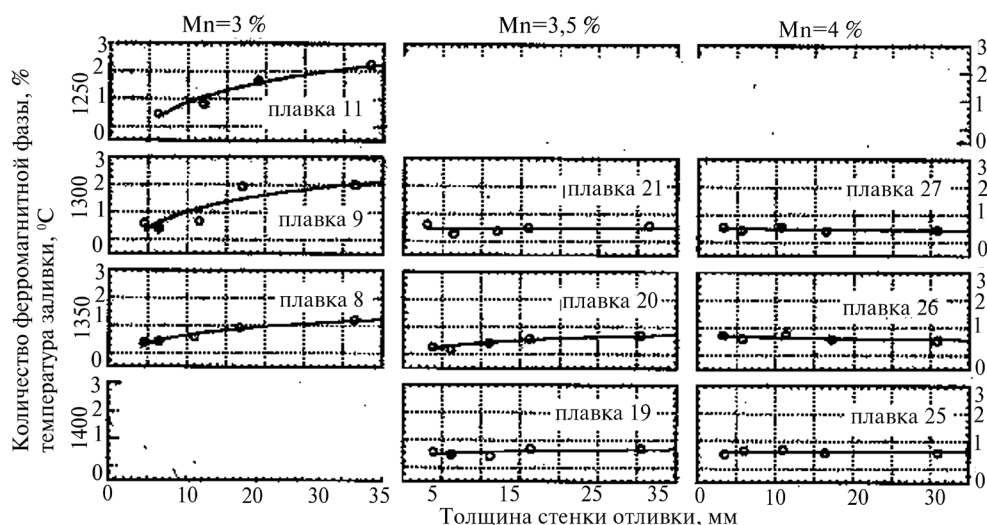
увеличиваться в своем размере, начиная с температуры минус 20 °С, за счет образования α -мартенсита. В образцах из аустенитного чугуна ЧН9Г3Д3Ш такое явление наблюдается при их охлаждении до минус 50 °С. Образцы чугуна ЧН9Г4Д3Ш обладают стабильной аустенитной основой при их охлаждении до температуры минус 60 °С, а чугун ЧН9Г6Д3Ш - до температуры минус 100 °С.

Азот также является легирующим элементом, который, будучи в растворе аустенита, стабилизирует его. Была определена возможность дополнительного легирования чугуна

Таблица 2. Характеристика структуры чугуна ЧН9Г6Д3Ш при температуре заливки 1300 ± 10 °С

Номер плавки	Толщина отливки, мм	Площадь включений графита, %	Количество включений графита, шт/мм ²	Относительное количество графитных включений (%) размером, мкм			Количество карбидных включений, %	Внепечная обработка раслава	
				0-5	5-10	>5			
27	3,5	6,70	2740	50	45	3	0	1,89	0,2 % СБ→0,6 % ФС75
89	3,5	8,00	1848	30	60	10	0	1,05	0,7 % ФСЦР→0,6 % ФС75
126	3,5	6,20	2788	50	45	5	0	0,40	0,3 % ССГ+0,1 % СБ→0,3 % ФС75
27	6	10,90	1584	50	30	20	0	1,51	0,2 % СБ→0,6 % ФС75
89	6	9,80	1292	35	50	15	0	0,50	0,7 % ФСЦР→0,3 % ФС75
126	6	10,80	1974	35	50	15	0	0,30	0,3 % ССГ+0,1 % СБ→0,3 % ФС75
27	11	10,80	1006	60	20	15	5	1,56	0,2 % СБ→0,6 % ФС75
89	11	9,20	772	35	35	25	5	0,75	0,7 % ФСЦР→0,6 % ФС75
126	11	9,80	1124	30	40	25	3	0,45	0,3 % ССГ+0,1 % СБ→0,3 % ФС75
27	16	8,60	1102	60	30	8	2	0,25	0,2 % СБ→0,6 % ФС75
89	16	8,90	874	40	40	15	5	1,1	0,7 % ФСЦР→0,6 % ФС75
126	16	8,90	1218	45	35	15	5	0,45	0,3 % ССГ+0,1 % СБ→0,3 % ФС75
27	30	7,40	840	60	25	10	5	0,85	0,2 % СБ→0,6 % ФС75
89	30	7,80	930	60	25	10	5	0,25	0,7 % ФСЦР→0,6 % ФС75
126	30	10,40	886	50	30	15	5	0,40	0,3 % ССГ+0,1 % СБ→0,3 % ФС75

ЧН9Г4Д3Ш азотом за счет ввода его в расплав двумя технологическими приемами – нитридом магния или азотированным ферромарганцем. Согласно первому, нитрид магния (Mg_3N_2) вводили в жидкий чугун колокольчиком и выдерживали его в погруженном состоянии до 12 мин, то есть до полного прекращения его диссоциации. При этом остаточное содержание магния в чугуне ЧН9Г4Д3Ш через 1,5 мин достигало 0,065 % и практически не возросло при более продолжительной выдержке колокольчика в расплаве. Такое



Влияние содержания марганца, температуры заливки и толщины стенки отливки на изменение количества ферромагнитной фазы в структуре аустенитного чугуна

содержание магния в аустенитном чугуне почти в 2 раза превышает показатель для не-легированного чугуна.

Содержание азота в чугуне ЧН9Г4ДЗШ при выдержке нитрида магния в расплаве на протяжении 12 мин достигло только уровня 0,005 %.

Азотированный ферромарганец, содержащий 6 % N, в количестве 0,7 % погружали в расплав в печи перед его модифицированием. Затем жидкий чугун модифицировали в ковше модификатором ФСМг7 сэндвич-процессом.

Однако по сравнению с исходным чугуном не обнаружено изменения содержания азота в чугуне при такой обработке.

Второй вариант обработки расплава азотированным ферромарганцем заключался в том, что он вводился в расплав после его модифицирования модификатором ФСМг7. Этот ферромарганец вводили в смеси с инокулятором.

Такой вид обработки приводил к повышению содержания азота в чугуне до 0,01 %.

Однако такое содержание в чугуне азота, как легирующего компонента, является незначительным и такие виды обработки расплава неэффективны.

Аустенитный чугун ЧН9Г4ДЗШ с оптимальным соотношением структурных составляющих является коррозионностойким сплавом в агрессивной пластовой жидкости нефтяных месторождений с рН 6,3-6,4. Его скорость коррозии составляет 0,030 мм/год. Испытания были проведены в растворе—имитаторе пластовой жидкости, в котором общая минерализация и концентрация анионов и катионов была в 1,5 раза выше по сравнению с реальной агрессивной средой.

Выводы

- В структуре чугуна ЧН9Г4ДЗШ содержится до 0,8 % ферромагнитной фазы.
- Чугун ЧН9Г4ДЗШ обладает стабильной аустенитной матрицей вплоть до температуры минус 60 °С.
- Дополнительное инокулирование высокопрочного чугуна ЧН9Г4ДЗШ способствует более полному графитообразованию при его кристаллизации, повышает дисперсность графитных включений и существенно снижает количество карбидной фазы в его структуре.
- Чугун ЧН9Г4ДЗШ обладает высокой коррозионной стойкостью в агрессивных пластовых жидкостях нефтяных месторождений.



Список литературы

1. Sheiko A. A., Bondarewsky W. N. Zastosowanie zeliwa austenitnego sferoidalnego w electrotechnice oraz w przemyśle nafrowym i chemicznym // Zeliwo sferoidalne, szansa rozwoju polskiego odlewnictwa. — Krakow, 1996. — P. 1-6.
2. Sheiko A. A., Bondarewsky W. N., Zeleny B. Modifical “Niresist”, “Nomag” cast irons and technological processes of their manufacture // Ductile Iron news. — 1999. - № 1. — P. 17-15.
3. Шейко А. А., Бондаревский В. Н., Зеленый Б. Г., Латенко В. П., Мусеева Н. П. Влияние графитизирующего модифицирования на структуру аустенитного высокопрочного чугуна / Процессы литья. - 2006. - № 4. - С. 26-29.

Поступила 11.11.2008

УДК 669.541

Д. Ф. Чернега, В. Ф. Сороченко, П. Д. Кудь

Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев

ВНЕПЕЧНАЯ ОБРАБОТКА РАСПЛАВА ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ. Сообщение 5

Расширена область применения зависимости влияния комплексного модификатора на основе Sc_2O_3 , Cr и Ti на повышение временного сопротивления разрыву сплава АК12М2 с флюсовой на внепечную технологию. Внепечная обработка способствует увеличению прочности и дисперсности структуры сплава в 1,5-2,0 раза.

Розширена область застосування залежності впливу комплексного модифікатора на основі Sc_2O_3 , Cr і Ti на підвищення тимчасового опору розриву сплаву АК12М2 з флюсової на позапічну технологію. Позапічна обробка сприяє збільшенню міцності і дисперсності структури сплаву у 1,5-2,0 рази.

Extended with a gumboil on out-of-stove technology application of dependence of influencing of complex modifier domain on the basis of Sc_2O_3 , Cr and Ti on the increase of temporal resistance the break of alloy АК12М2. The out-of-stove treatment is instrumental in the increase of durability and dispersion of structure of alloy in 1,5-2,0 time.

Ключевые слова: тепловая интенсификация, внепечная обработка, дисперсность, структура.

Как известно [1], на основе физико-химических представлений о кинетике броуновской коалесценции предложена модель [2] модифицирования Sc_2O_3 литейных алюминиевых сплавов (ЛАС), которая (сообщение 3 [3]) развита в физико-химическую зависимость совместного ориентационно-координационного влияния на повышение механического сопротивления ЛАС АК12М2 гетерофазными ультрадисперсными частицами (УДЧ) оксида скандия и гомофазными металлами-модификаторами хромом и титаном в составе комплексного модификатора (предмет исследований).

Несмотря на то, что проблема повышения качества ЛАС во многих случаях решается технологиями внепечной обработки расплава ЛАС, например, способом тепловой интенсификации, по мнению авторов работы [4], количественная оценка эффективности различных методов внепечной обработки, использующих эти принципы интенсификации, затруднена, так как в каждом технологическом варианте реализуются “конкретные цели”, корректируемые технологическими возможностями и экономическими тре-