

ОСОБЕННОСТИ ВЫПЛАВКИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОГО КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО СПЛАВА 06ХН28МДТ В ОТКРЫТЫХ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧАХ

С.Ю. Маврин, В.А. Аммер, А.А. Щетинин, С.В. Жеглов

Представлены результаты экспериментального исследования условий выплавки в открытой индукционной печи железохромникелевого сплава с хорошими литейными свойствами и изготовления из него в условиях ЛВМ отливок с высокой коррозионной стойкостью к кислотным средам

Ключевые слова: коррозионностойкий сплав, плавление, индукционная печь, отливка

Изделия из железохромникелевых сплавов предназначены для работы в агрессивных средах в интервале температур от комнатной до 100 °С и выше. Сплав 06ХН28МДТ (табл. 1) обладает высокой стойкостью против общей и межкристаллитной коррозии. Однако эти свойства он приобретает в условиях выплавки в вакуумных индукционных печах, когда процессами плавки,

раскисления и кристаллизации удается оперативно управлять. Получение сплава химического состава, регламентированного ГОСТ 5632-72, и обеспечение эксплуатационной надежности изделий в условиях открытой индукционной плавки (экономически более выгодной по сравнению с вакуумной плавкой) представляет значительные трудности по следующим причинам:

Таблица 1 Химический состав сплава 06ХН28МДТ по ГОСТ 5632-72 в процентах

Элементы	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Ti	Cu	S	P	Fe
Содержание	0,06,	0,8,	0,8,	26-29	22 – 25	2,5 3,0	0,5 0,9	2,5 3,5	0,02,	0,035,	основа

- повышенная склонность легирующих компонентов к взаимодействию с газовой атмосферой и образованию плен, состоящих из окислов и нитридов;

- пониженная степень усвоения титана в расплаве;

- образование в отливках крупнозернистой транскристаллитной структуры с выделением на границах зерен первичных карбидов и соединений, ослабляющих межкристаллитные связи;

- образование в тепловых узлах отливок горячих трещин и межкристаллитных границ с ликватами.

Целью данной работы являлось исследование возможности выплавки сплава 06ХН28МДТ в открытых индукционных печах, способных обеспечить в отливках общую и межкристаллитную устойчивость при работе в сернокислых средах.

С точки зрения структурного состояния сплав имеет аустенитную матрицу (со структурой ГЦК), в которой растворены упрочняющие фазы в виде твердого раствора и упорядоченных выделений.

Для понижения склонности к межкристаллитной коррозии рекомендуется уменьшить в сплаве содержание углерода или вводить в состав карбидообразующие добавки Ti или Nb; последние способствуют повышению твердости,

износостойкости, сопротивлению деформированию, понижению склонности к межкристаллитной коррозии. Особенностью присутствия в составе сплава карбида TiC является понижение в отливках коррозионной стойкости в средах с кипящей азотной кислотой и склонность сплава (при содержании углерода больше 0,06 %) к поражению изделия коррозией по сварным швам.

Недостатком Ti является его высокая химическая активность в расплавленном состоянии как по отношению к огнеупорным материалам, так и отношению к простым и сложным газам. Кроме того титан активно взаимодействует с углеродом.

Установлено, что при индукционной плавке в открытой атмосфере суммарные потери титана как легирующего элемента около 50 % обусловлены следующими процессами: окислением за счет кислорода (25 %), образованием соединений с окислами марганца, железа и хрома (10 %), образованием нитридов (5 %). Ход реакций окисления и потерь титана из расплава может быть представлен следующей схемой: окисление Ti до Ti₂O₃ на границе Ti в расплаве – шлак и затем до TiO₂ на поверхности раздела шлак – кислород; диффузионный массоперенос образовавшегося TiO₂ в глубь шлакового слоя и поступление в этот слой титана из расплава с последующим его окислением до Ti₂O₃; накопление окислов титана в шлаковой зоне и обеднение уровня титана в расплаве.

Учитывая трудности получения требуемого химического состава сплава 06ХН28МДТ при открытой плавке был в сплав дополнительно введен ниобий при сохранении в составе Ti, но в меньшем количестве.

Такое решение явилось результатом анализа следующих положений:

Маврин Сергей Юрьевич – ВГТУ, аспирант, тел. (4732) 78-38-89
 Аммер Владимир Алексеевич – ВГТУ, канд. физ.-мат.наук, доцент, тел. (4732) 78-38-89
 Щетинин Анатолий Антонович – ВГТУ, д-р физ.-мат.наук, профессор, тел. (4732) 78-38-89
 Жеглов Сергей Валерьевич – ВГТУ, канд. техн. наук, старший преподаватель, тел. (4732) 78-38-89

1) добавка Nb к хромоникелевым сплавам не оказывает существенного влияния на коррозионную стойкость, но уменьшает склонность к межкристаллитной коррозии;

2) ниобий в меньшей степени, чем титан, способствует коррозии в местах сварных швов в изделиях;

3) ниобий образует стойкие карбиды, тем самым связывая углерод и уменьшая карбидообразование хрома: при этом уменьшается склонность к межкристаллитной коррозии; которое способствует дисперсионному твердению, особенно эффективного, если в составе сплава присутствует титан.

Были проведены опытные плавки сплава 06ХН28МДТ (табл. 2) в открытой индукционной печи ИСТ-016 и для сравнения – плавки в вакуумной печи (рабочий вакуум 10^{-4} мм.рт.ст.). Футеровка в обоих случаях магнезитовая (MgO -94,5 %, CaO – 1,8 %, SiO₂ – 1,9 %). Плавку в открытой атмосфере производили под слоем глиноземистого шлака ШГ-55 следующего состава: Al₂O₃ – 55-60 %, CaO – 25-45 %, SiO₂ – 9 %, MgO -10 %, Cr₂O₃ – 2 %.

Использовали в качестве шихтовых материалов сплав 06ХН28МДТ в виде проката, никель, феррохром, феррониобий, медь.

Таблица 2 Химический состав сплава в опытных плавках

Номер плавки	Содержание в %										
	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Nb	Ti	Cu
1	0,06	0,75	0,7	26,0	0,018	0,03	23,0	2,5	0,6	0,1	3,0
2	0,05	0,8	0,65	27,0	0,02	0,03	22,0	2,5	0,6	0,15	2,7
3	0,04	0,7	0,8	27,0	0,02	0,03	24,0	30	0,6	0,12	2,7
4	0,06	0,7	0,8	27,0	0,015	0,03	23,0	30	0,7	0,1	3,1
5	0,04	0,81	0,75	26,0	0,02	0,03	22,0	30	0,7	0,2	3,0

Металлографическими исследованиями установлено, что металл опытных отливок имеет более дисперсную, чем стандартный сплав, зерновую структуру. Неметаллические включения типа оксидов и нитридов в структуре не обнаружены.

Коррозионная стойкость – общая и межкристаллитная – соответствует требованиям, предъявляемым к хромоникелевым сплавам, работающим в условиях агрессивной кислотной среды при повышенных температурах.

Методом термического анализа установлен интервал температур кристаллизации оптимизированного состава, он составляет 30 - 32° (1425 – 1393 °С). Основными условиями получения плотного без усадочных дефектов металла в отливках из сплава с добавкой Nb и при меньшем содержании (по отношению к стандартному составу) Ti до значений 0,1 – 0,2 % являются обработка расплава в условиях плавки в открытых индукционных печах и создание после заливки оболочковой формы режима последовательного затвердевания.

В результате проведенного исследования доказана возможность получения высоколегированного сплава 06ХН28МДТ в условиях открытой индукционной плавки.

Определены условия выплавки сплава – введение в состав сплава ниобия в количестве 0,6 – 0,7 %, способствующего образованию стойких карбидов и понижению склонности межкристаллитной коррозии; содержание титана при этом необходимо понизить до значений 0,1 – 0,15 % (против 0,5 – 0,9 % в стандартном составе сплава). Необходимость понижения уровня титана обусловлена его высокой химической активностью к газовой атмосфере и огнеупорам.

Проведены опытные испытания измененного состава сплава 06ХН28МДТ: плавка без применения вакуумных индукционных печей; изготовление отливок способом ЛВМ. Получены доказательства хороших литейно-технологических свойств сплава и высоких коррозионных свойств металла в отливках по отношению к кислотным средам.

Литература

1. Симс Ч. Жаропрочные сплавы/ Ч.Симс, В.Хагель. М.: Металлургия. 1976 – 568 с.
2. Улянин Е.А. Высоколегированные коррозионностойкие сплавы/ Е.А.Улянин, Т.В. Свистунова, Ф.Л.Левин. М.: Металлургия, 1987. – 88 с.

Воронежский государственный технический университет

MELTING FEATURES OF A HIGH-ALLOYED CORROSION-RESISTANT ALLOY 06ХН28МДТ IN OPEN INDUCTIVE FURNACES

S. Ju. Mavrin, V.A.Ammer, A.A. Schetinina, S.V. Zheglov

The paper presents the results of experimental research into melting conditions in an open inductive furnace for a ferro-chromium-nickel alloy with good casting qualities and using the alloy for LVM technology in production of parts highly corrosion-resistant in acid conditions.

Key words: corrosion resistant alloy, melting, inductive furnace, casting

