

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ НА НИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ В ОДП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛЕГИРОВАННЫХ ОТХОДОВ

Б.В. Ощепков, Т.А. Жильцова

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF SMELTING NICKEL-BASED HEAT-RESISTANT ALLOYS IN AN OPEN ARC FURNACE USING ALLOY WASTES

B.V. Oschepkov, T.A. Zhiltsova

Описан метод разбавления отходов при выплавке никелевых сплавов в дуговой сталеплавильной печи ДСП-6. Также описано положительное влияние присадки металлических кальция и церия в перегретый расплав на свойства жаропрочных сплавов Х20Н80, ХН78Т и ХН75МБТЮ.

Ключевые слова: никелевые сплавы, технология выплавки, шихта.

A method of diluting alloy waste in smelting nickel alloys in an open arc furnace is presented. A positive effect of calcium and cerium additives in the superheated melt on the properties of heat-resistant alloys is also described.

Keywords: nickel alloys, smelting technology, melting charge.

Существуют два подхода к комплектованию шихты для выплавки жаропрочных сплавов на никелевой основе в открытой дуговой печи (ОДП): использование только свежих материалов и переплав свежих материалов совместно с легированными отходами (хвостовой и концевой обрезью) [1]. Основным недостатком выплавки жаропрочных сплавов только на свежих материалах является высокая их стоимость.

При использовании отходов материальные затраты на выплавку снижаются. Однако при многократном повторении цикла «выплавка с отходами – обрезка слитков – использование обрезки в процессе следующей выплавки» в составе металла накапливаются вредные примеси и, как результат – снижается технологическая пластичность металла на переделах, а также уровень механических свойств в готовом листе.

Для устранения этих недостатков была разработана методика облагораживания отходов путем их разбавления отходами, полученными после плавки, проведённой только на свежих материалах. Когда уровень свойств выплаваемого с участием отходов металла снижается ниже допустимых пределов, предлагается использовать для выплавки металла (наряду со свежими материалами) смесь отходов, состоящую из одной трети отходов после многократного переплава и двух третей свежих отходов. Данные промышленных экспериментов (на сплаве ХН75МБТЮ) продемонстрировали, что при таком соотношении обеспечивается высокая технологическая пластичность металла при ковке слитков и прокатке сляб на лист.

К примеру, для разбавления отходов, используемых при выплавке сплава ХН75МБТЮ, было рекомендовано провести пятнадцать плавов в ОДП емкостью 6 т на свежих материалах. В результате накапливается достаточно большое количество свежих отходов. После чего можно проводить промышленные плавки сплава с использованием отходов в следующих количествах: 1600 кг свежих отходов и 800 кг отходов после многократного использования (переплава). Практика показала, что при таком соотношении обеспечивается высокая технологическая пластичность металла при ковке слитков и прокатке сляб на лист.

В ходе дальнейших работ по совершенствованию процесса выплавки никелевых сплавов в ОДП изучен характер влияния перегрева металла в процессе его выплавки на его качество. В частности, показано положительное влияние перегрева металла (никеля и отходов) до температуры 1560 °С (по сравнению с обычным нагревом до 1530 °С) с выдержкой 30 минут, последующей присадкой металлического кальция и введением металлического хрома, нагретого до температуры 550 °С, в количестве, соответствующем заданному составу сплава. Перегрев позволил существенно сократить продолжительность плавки под током, что в свою очередь позволило заметно снизить угар никеля и хрома и уменьшить расход электроэнергии на 30 кВт·ч/т. Кроме того, в ходе экспериментов заметно повысилась технологическая пластичность сплавов Х20Н80 и ХН78Т.

Аналогичная процедура с использованием церия (ферроцерий марки МЦ50) в качестве присад-



Разрезы проб сплава ХН78Т, взятые в конце периода плавления до присадки металлического хрома. В верхней части видны пузырьки, образовавшиеся вследствие выделения избытка азота, содержащегося в сплаве. Количество азота, выделяющееся при добавлении кальция или церия, заметно меньше, нежели без таких добавок

ки перед введением хрома позволила при выплавке сплава ХН75МБТЮ существенно повысить его длительную прочность в сутунке (с 60 до 900 ч при 800 °С), а также повысить относительное удлинение в листе с 55,7 до 64,7 %.

На сплаве ХН60ВТ улучшения свойств не получено. В этом сплаве содержание вольфрама доходит до 16 %, поэтому перегрев металла до 1560 °С недостаточен для того, чтобы существенно повлиять на проходящие в расплаве процессы.

Причиной наблюдавшегося улучшения свойств может быть снижение содержания азота в металле, поскольку кальций и церий имеют очень большое сродство к азоту, образуя нитриды Ca_3N_2 и CeN , чем соответственно снижают содержание растворённого в металле свободного азота, предотвращая выделение избыточного азота при кристаллизации металла (см. рисунок).

Помимо этого, улучшение свойств, вероятно, обусловлено связыванием примесей цветных металлов с кальцием или церием в интерметаллические соединения CaPb_3 , Ca_2Pb , $\text{Ca}_{11}\text{Sb}_{10}$, Ca_5Bi_3 , Ca_2Sn , Ce_4Bi_3 , CeBi , Ce_2Pb , CePb_3 и др. с температурами плавления существенно большими, чем температуры плавления этих элементов в несвязанном состоянии.

Выводы

1. Разработана методика облагораживания легированных отходов, направленная на повышение

технологической пластичности никелевых сплавов, выплавляемых с использованием отходов в ДСП-6.

2. Показано положительное влияние перегрева расплавленной шихты (никеля и отходов) до температуры 1560 °С с выдержкой 30 мин и последующим введением в расплав металлических кальция или церия. Такая процедура позволила повысить технологическую пластичность сплавов Х20Н80 и ХН78Т, а также длительную прочность (с 60 до 900 часов при 800 °С) и относительное удлинение в листе (с 55,7 до 64,7 %) для сплава ХН75МБТЮ.

3. Наблюдавшееся улучшение свойств металла, вероятно, обусловлено снижением содержания азота, а также связыванием примесей цветных металлов кальцием или церием.

Обобщение и анализ результатов НИР осуществлены в рамках проекта, поддержанного РФФИ, грант № 11-08-12046-офи-м-2011.

Литература

1. Ощепков, Б.В. *Технология выплавки жаропрочных сплавов: учеб. пособие для самостоят. работы студентов* / Б.В. Ощепков. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 140 с.

Поступила в редакцию 20 февраля 2012 г.