

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕГИРОВАНИЯ СПЛАВА ХН60ВТ В ХОДЕ ЕГО ВЫПЛАВКИ В ОТКРЫТОЙ ДУГОВОЙ ПЕЧИ\*

*Б.В. Ощепков, Т.А. Жильцова*

## CERTAIN FEATURES OF THE N08926 ALLOY SMELTING IN AN OPEN-ARC FURNACE

*B.V. Oschepkov, T.A. Zhiltsova*

В ходе работы определена оптимальная методика легирования сплава ХН60ВТ металлическим вольфрамом. Показано, что лучшие результаты по механическим свойствам и длительной прочности для этого сплава могут быть получены при использовании для его раскисления никель-вольфрам-магниевого лигатуры.

*Ключевые слова: никелевые сплавы, легирование, вольфрам, раскисление.*

The optimum doping technique of the N08926 alloy by metal tungsten is developed. It was demonstrated that the best results on properties for this alloy could be received by using the Ni-W-Mg alloy for deoxidation.

*Keywords: nickel alloys, doping, tungsten, deoxidation.*

При выплавке сплава ХН60ВТ, предназначенного для глубокой вытяжки, используют металлический вольфрам. Однако результаты легирования металлическим вольфрамом нестабильны и сильно зависят от способа введения вольфрама. Вероятно, это связано с высокой температурой плавления вольфрама. Для определения оптимального способа введения вольфрама в металлический расплав в промышленных условиях были проведены экспериментальные исследования.

Выплавку сплава ХН60ВТ проводили в 6-тонной дуговой открытой печи переплавом легированных отходов с добавлением свежих материалов. Сплав разливали в изложницы с внутренним диаметром 345 мм (масса 0,5 т) и 405 мм (масса 0,85 т). Проведены испытания различных способов легирования металла металлическим вольфрамом.

Изначально в ходе выплавки металлический вольфрам разбрасывался по всей ванне печи. Для повышения усвоения вольфрама жидкий металл перемешивался гребками. При расчетном содержании вольфрама 14,0 мас. % по результатам анализа его содержание в ковшевой пробе составило 12,5 мас. %, т. е. ниже нижнего предела. При этом в плавильном шлаке и в газовой фазе вольфрам отсутствовал. Следующая плавка показала такие же результаты.

Для определения того, куда исчезла часть введённого вольфрама, исследована шлако-магнезиальная масса (остатки шлака и неприва- рившегося магнезита, которые счищают с подины

печи и сгребают в шлаковую коробку). После дробления и просеивания в образцах этой массы обнаружены корольки металлического вольфрама размером порядка 1 см.

Таким образом, можно предположить, что при использовании этого способа легирования сплава ХН60ВТ часть металлического вольфрама не усваивается металлом, остаётся на подине печи, а после её очистки попадает в шлаковую коробку и в конечном счете на шлаковый отвал.

Другой способ легирования сплава ХН60ВТ металлическим вольфрамом состоял в том, что вольфрам загружали в мульду (800 кг), высыпали в одно место и затем перемешиванием гребками достигали равномерного распределения и полного растворения вольфрама. Используя такой способ, удалось предотвратить потери вольфрама.

Известно [1], что при выплавке сплавов на никелевой основе Х20Н80, ХН78Т, ХН75МБТЮ в качестве раскислителя широко используют металлический кальций. Интересной особенностью сплава ХН60ВТ является то, что эффект от раскисления сплава металлическим кальцием проявляется не сразу, а спустя некоторое время. Это в значительной мере осложняет получение металла с удовлетворительной пластичностью.

В ходе настоящего исследования изучена возможность раскисления сплава ХН60ВТ различными содержащими магний раскислителями. В экспериментах использовали никель-магниевого (содержащую 12-17 % магния) и никель-вольфрам-

\* Работа проведена по научной программе Федерального агентства по образованию «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)», код проекта - 713 и при поддержке РФФИ, грант № 08-08-00416.

Сравнение свойств образцов сплава ХН60ВТ,  
при выплавке которых использовались различные раскислители

Раскисление	Кол-во плавок, шт.	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>				Механические свойства (температура испытания 900 °С)			Длительная прочность, ч
		Температура, °С				σ <sub>B</sub> , МПа	σ <sub>T</sub> , МПа	ψ, %	
		1000	1110	1150	1200				
Са	15	1380,4	1400,1	2000,3	2375,5	28,8	56,4	66,2	198
Ni-Mg лигатурой	15	1410,3	1575,3	1980,4	2780,3	29,4	60,5	72,0	203
Ni-W-Mg лигатурой	15	1560,5	1720,3	1960,5	3020,3	33,2	62,7	75,3	309
<b>Требования по ТУ 36-271-79</b>		—				<b>22,0</b>	<b>45,0</b>	<b>50,0</b>	—

магниевою (содержащую 25-35 % вольфрама и 2-10 % магния [2]) лигатуры.

Свойства образцов сплава, выплавленных различными способами, представлены в таблице.

Из данных таблицы видно, при всех опробованных способах раскисления свойства выплавленных образцов сплава ХН60ВТ удовлетворяют требованиям технических условий. Однако использование магнийсодержащих лигатур позволяет получать более высокий уровень механических свойств металла.

Помимо этого, использование магнийсодержащих лигатур технологически предпочтительнее. Особенно это относится к использованию никельвольфрам-магниевого лигатуры. Такая лигатура близка по плотности легируемому сплаву (сплав ХН60ВТ имеет плотность 9500 кг/м<sup>3</sup>, плотность никель-вольфрам-магниевого лигатуры - 10 500-12 000 кг/м<sup>3</sup>, а никель-магниевого лигатуры - 4900-5200 кг/м<sup>3</sup>). Введение этой лигатуры в сплав сопровождается низким пироэффектом, угар магния минимален, а его усвоение сплавом максимально, что особенно благоприятно сказывается на ударной вязкости при высоких температурах и длительной прочности полученного сплава.

### Выводы

В работе рассмотрены и испытаны варианты методик легирования сплава ХН60ВТ металлическим вольфрамом, а также процесс и результаты раскисления этого сплава различными раскислителями. Предложен оптимальный способ легирования вольфрамом, позволяющий добиться его максимального усвоения. Показано, что использование для раскисления сплава ХН60ВТ никельвольфрам-магниевого лигатуры позволяет при прочих равных условиях достигать лучшего уровня механических свойств образцов этого сплава.

### 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.
2. Пат. 2323996 *Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> С22С 35/00, С22С 19/03. Сплав для легирования* / Б.В. Ощепков, Д. Д. Шарахов, Е.А. Трофимов, Д.В. Баранов. - № 2004138051/02; заявл. 24.12.2004; опубл. 10.05.2008, Бюл. № 13.

**Поступила в редакцию 4 февраля 2010 г.**