

А. М. БОРЗДЫКА

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НИОБИЯ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ ЖАРСТОЙКОЙ АУСТЕНИТНОЙ ХРОМОНИКЕЛЕВОЙ СТАЛИ

(Представлено академиком Г. Г. Уразовым 8 IX 1950)

Применение ниобия как легирующего элемента при производстве высококачественной стали имеет большие перспективы.

В связи с этим было предпринято изучение влияния этого элемента на теплоустойчивые свойства жаростойкой аустенитной стали на хромоникелевой основе.

Для исследования было выбрано 6 марок хромоникелевой стали типа 14/14 (см. табл. 1). Четыре из них содержат вольфрам в количестве 2,1—2,4%. Из этих последних две являются малоуглеродистыми (0,12—0,13% С), две другие — среднеуглеродистыми (около 0,5% С). Сталь без вольфрама имеет низкое содержание углерода. Содержание ниобия в плавках с вольфрамом было 0,7—0,8%, в чисто хромоникелевых — 1,2%. Более высокое содержание ниобия в стали 14/14, как было установлено ранее ⁽¹⁾, приводит к появлению в микроструктуре феррита, понижающего общую теплоустойчивость стали.

Таблица 1

Тип стали		Напряжения (кг/мм ²) для данных скоростей (мм/мм в час) крипа			
по углероду	по легирующ. элементам	600°		700°	
		10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷
Низкоуглеродистая (0,12% С)	Cr — Ni	8,0	~ 5	3,0	3—6
	Cr — Ni — Nb	13	9,2	5,6	4,0
	Cr — Ni — W	11	8,8	4,8	3,4
	Cr — Ni — W — Nb	14	10	6,0	4,2
Среднеуглеродистая (~ 0,5% С)	Cr — Ni — W	12	9,6	5,0	3,6
	Cr — Ni — W — Nb	13	9,8	5,2	3,6

Сталь для исследования была выплавлена в высокочастотной печи. Слитки развесом в 50 кг проковывались на заготовку диаметром 40 мм и затем прокатывались на прутки диаметром 20 мм. Термическая обработка заключалась в нагреве при высоких температурах, отвечающих существованию однородного твердого раствора, с последующим воздушным охлаждением.

Испытания на ползучесть (крип) при растяжении проводились изотермическим методом, т. е. при постоянной нагрузке и температуре.

Условия нагрева образцов, измерения и поддержания равномерности и постоянства температуры, а также методика измерения деформаций соответствовали рекомендуемым методом ГОСТ 3248-46 ⁽²⁾.

Колебания температуры образца во время опытов, при температурах до 700° включительно, не превышали $\pm 1^\circ$, а отклонения температуры по длине образца — 3° . Измерение температуры образца в температурном интервале 400—700° производилось при помощи никель-нихромовых термопар, монтируемых по 2 шт. на образце. Температура отсчитывалась на потенциометре типа ПМ-3, дающем точность при применении никель-нихромовых термопар 0,3—0,5°.

Деформации ползучести измерялись при помощи зеркального экстенсометра особой конструкции, позволяющего учитывать деформации до 0,001 мм. Такая чувствительность измерений является достаточной для определения относительной деформации от 10^{-6} до 10^{-7} мм/мм в час, что соответствует 10^{-3} и 10^{-4} % в час.

Согласно ранее разработанной методике ⁽³⁾, определялись напряжения, вызывающие в интервале между 72—96 час. ползучесть со скоростью от $5 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ % в час. В соответствии с накопленным опытом эти условные пределы ползучести могут быть приняты приблизительно эквивалентными предельным напряжениям для длительной ползучести со скоростью соответственно 10^{-3} и 10^{-4} % в час, или 10^{-6} и 10^{-7} мм/мм в час.

Полученные экспериментальные данные суммированы в табл. 1. Изучение показателей ползучести для первой пары опытных плавок дает основание утверждать, что ниобий в 1,5—2 раза повышает пределы ползучести малоуглеродистой хромоникелевой стали. Ниобий также повышает крипоустойчивость вольфрамсодержащей малоуглеродистой стали того же типа (вторая пара плавок), но в значительно меньшей степени. В то же время легирование ниобием среднеуглеродистой стали 14/14 (третья пара плавок) не дает аналогичного эффекта.

Повидимому, теплоустойчивые свойства аустенитной стали зависят не столько от общего содержания в стали ниобия, сколько от соотношения содержания ниобия и углерода. Из исследованных плавок очевидно, что оптимальным является отношение Nb:C = 10; менее выгодно отношение Nb:C = 6. При уменьшении этого отношения до 2 положительная роль ниобия как фактора теплоустойчивости сходит на-нет.

Эти факты находятся в несомненной связи с процессами образования карбидов ниобия в высоколегированном аустените, ожидающими систематического изучения.

На основании проведенного исследования можно считать установленным, что вольфрам как упрочняющий элемент в жаростойкой хромоникелевой стали 14/14 может быть заменен ниобием. Из сопоставления содержания ниобия и вольфрама (1,2% Nb и 2,25—2,4% W) в показавших практически одинаковую крипоустойчивость опытных плавок, с атомными весами этих элементов (соответственно, 93 и 184), следует, что в отношении влияния на теплоустойчивость ниобий эквивалентен вольфраму.

Поступило
7 VI 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Труды II Совещания по физико-химическому анализу, 1944. ² Рекомендуемый метод испытания на ползучесть, ГОСТ 3248-46. ³ А. Борздыка и Г. Эстулин, Сталь, № 7/8 (1941).