

ХИМИЯ

А. М. БОРЗДЫКА

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НИОБИЯ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ ЖАРОСТОЙКОЙ  
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 <sup>2</sup> ) для данных скоростей (мм/мм в час) крипа			
по углероду	по легирующ. элементам	600°		700°	
		10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>
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 пруток 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<sup>(2)</sup>.

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

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