

УДК 669.187.25

Е.В.Шитов (асп., каф. СиС), Э.Ю.Колпюшон, д.т.н., проф.

МИНИМАЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ХРОМА ДЛЯ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ РАВНОВЕСНОГО СОСТАВА

Азотсодержащие стали аустенитного класса – новый вид продукции ряда металлургических предприятий. Замена никеля азотом позволяет получать стали отличающиеся повышенной прочностью, пластичностью, ударной вязкостью.

Необходимым условием для получения стали с аустенитной структурой является оптимальность состава по соотношению концентраций аустенитообразующих и ферритообразующих элементов. Величины, учитывающие влияние каждого из легирующих элементов на структуру стали, принято обозначать как никель-эквивалент (Ni_3) и хром-эквивалент (Cr_3) [1]:

$$Ni_3 = Ni + Co + 0,1Mn + 0,01Mn^2 + 18N + 30C \quad (1)$$

$$Cr_3 = Cr + 1,5Mo + 1,5W + 0,4Si + 2,3V + 1,75Nb + 2,5Al \quad (2)$$

Основным аустенитообразующим элементом для данных марок сталей является азот, ферритообразующим – хром. Поскольку растворимость азота определяется содержанием хрома, то ставится задача – определить минимальное содержание хрома, при котором количество растворенного в металле азота достаточно для получения аустенитной структуры стали.

Сталь 12X18AG18 высоколегированная и имеет широкую область применения. Средний состав для данной марки стали приведен в табл. 1:

Таблица 1. Средний состав стали 12X18AG18, % масс.

| Элемент | C | Cr | Mn | N | Ni | Si | Mo | V | Al |
|------------|-----|----|----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Содержание | 0,1 | 19 | 19 | 0,6 | 0,3 | 0,3 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |

Поскольку основным астенитообразующим элементом является азот, а ферритообразующим – хром, то для стали 12X18AG18 уравнения (1) и (2) можно представить в виде:

$$Ni_3 = 8,81 + 18N \quad (3)$$

$$Cr_3 = 0,31 + Cr \quad (4)$$

Растворимость азота в расплаве определяется в соответствии с уравнением [2]:

$$\lg[N] = (-850/T) - 0,905 + 1/2 \lg P_{N_2} - \lg f_N \quad (6)$$

где P_{N_2} – парциальное давление азота, атм; $[N]$ – равновесное содержание азота, %масс; f_N – коэффициент активности азота в расплаве, T – температура, °К.

Результат расчета растворимости азота, с учетом влияния хрома на величину коэффициента активности при $P_{N_2} = 0,79$ атм и $T = 1600^\circ\text{C}$ приведен на рис. 1.

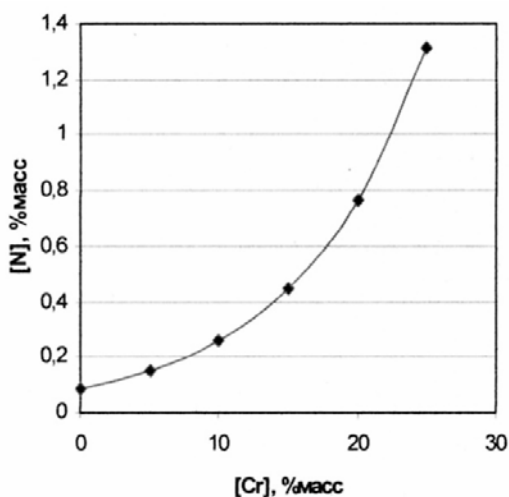


Рис. 1. Растворимость азота в зависимости от содержания хрома

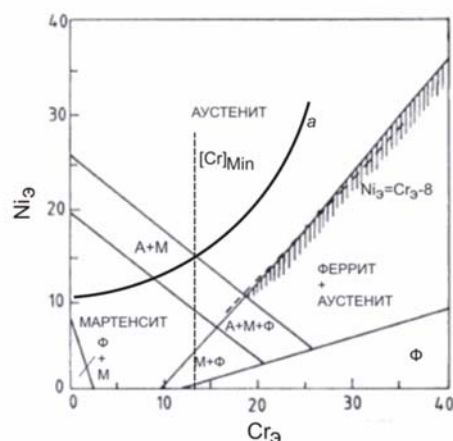


Рис. 2. Диаграмма Шеффлера
 А – аустенит, Ф – феррит, М – мартенсит
 а – линия, соответствующая составу стали с равновесной концентрацией азота

Зная растворимость азота в зависимости от содержания хрома, и, с учетом этого, рассчитав значения Cr_3 и Ni_3 по уравнениям (3) и (4), получим зависимость величины Ni_3 от Cr_3 для азотсодержащих сталей равновесного состава. Полученная зависимость нанесена на диаграмму Шеффлера и представлена на рис. 2 (кривая а).

Стали, состав которых соответствует кривой а, являются «равновесными». Для получения стали с соотношением Ni_3/Cr_3 выше кривой а, необходимо принять меры для увеличения растворимости азота, например, за счет увеличения давления азота в газовой фазе. Ниже кривой а лежит область сталей, не в полной мере легированных азотом. Для сталей типа 12Х18АГ18, при концентрации марганца 19%, минимальное содержание хрома ($[Cr]_{min}$), обеспечивающее достаточное растворение азота для получения аустенитной структуры, составляет 13%.

ЛИТЕРАТУРА:

1. G. Balachandran, M.L. Bhatia, N.V. Ballal and P. Krishna RAO. ISIJ International, Vol. 41 (2001), No. 9, pp. 1018–1027.
2. В. А. Григорян, Л. Н. Белянчиков, А. Я. Стомахин. Теоретические основы электросталеплавильных процессов. – М.: Металлургия, 1987, 272 с.