

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ХИМИЧЕСКОГО, ФАЗОВОГО СОСТАВА И СВОЙСТВ
НАПЛАВЛЕННЫХ СЛОЕВ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ Fe-Cr-Mn
СТАЛЕЙ**

Я.А. Чейлях, аспирант, В.В. Чигарев, профессор, д.т.н.,
О.В. Кривенко, доцент, к.т.н., ГВУЗ «ПГТУ»

Проблема научно-обоснованного экономичного легирования при создании новых функциональных наплавочных материалов, обладающих заданными физико-механическими и эксплуатационными свойствами остается весьма актуальной. Целью работы является количественная оценка комплексного влияния легирующих элементов (Cr, Mn, Si, C) на критические точки и получаемый фазовый состав Fe-Cr-Mn наплавленного металла для управления развитием деформационных фазовых превращений (ДФПИ) и его свойствами. За основу построения модели взяты экспериментальные зависимости t_{M_n} , количества мартенсита закалки и аустенита от содержания: хрома в пределах 1,92 %...8,37 % при среднем содержании марганца 6,5 % и углерода ~ 0,3 % в сталях 30X(2...8)Г6С2Ф; марганца в пределах 0...8 % (при содержании углерода ~ 0,1 % и хрома ~ 14 %) в сталях 10X14Г(0...8); кремния в пределах от 0,4 до 1,9 % при 0,17 % С и ~ 14 % Cr, ~ 7 % Mn в высокопрочных хромомарганцевых сталях 17X13Г7С(0,4...2). Исходя из принципа аддитивности влияния легирующих элементов (в известных пределах) определяли суммарное отклонение t_{M_n} (°C) на основании литературных и экспериментальных данных по следующей формуле :

$$\Delta M_n = - 500 \cdot \Delta C - 38 \cdot \Delta Mn - 40 \cdot \Delta Si - 8 \cdot \Delta Cr. \quad (1)$$

По полученной разнице в положении t_{M_n} (ΔM_n) определялись расчетные значения t_{M_n} (°C):

$$M_{n(расч.)} = M_{n(базов.)} + \Delta M_n. \quad (2)$$

С помощью персонального компьютера методом наименьших квадратов построены аналитические и графические зависимости положения t_{M_n} от содержания хрома и марганца:

$$M_n(Cr) = - 98,54 \cdot \ln(Cr) + 210,19 \quad (3)$$

$$M_n(Mn) = - 1,5298 \cdot (Mn)^2 - 12,202 \cdot (Mn) + 281,18 \quad (4)$$

Величины среднеквадратических отклонений от истинных значений составили: для уравнения (3) – $R^2 = 0,9931$; (4) – $R^2 = 0,9883$, что характеризует высокую степень адекватности полученных зависимостей разработанной модели.

На основе количественного анализа литературных и экспериментальных данных построена физико-математическая модель влияния основных легирующих элементов (Cr, Mn, Si) и углерода на положение мартенситной точки (M_n) и формирование фазового состава наплавленных Fe-Cr-Mn сталей:

$$M_n(Cr) = a \cdot \ln(Cr) + c + \Delta M_n, \quad (5)$$

$$M_n(Mn) = a \cdot (Mn)^2 + b \cdot (Mn) + c + \Delta M_n, \quad (6)$$

Полученная модель с помощью экстраполяции кривых $M_n = f(Mn, Cr)$ может успешно использоваться для более широкого диапазона содержания легирующих элементов (6...14,5 % Cr, 5...12 % Mn; 0,3...2,5 % Si) и углерода 0,1...0,4 % при проектировании Fe-Cr-Mn метастабильных сталей (в том числе и наплавленных) аустенитного, аустенитно-мартенситного и мартенситно-аустенитного классов.

Адекватность модели подтверждается достаточно строгим соответствием экспериментальным результатам как собственных исследований Fe-Cr-Mn сталей наплавленных разработанными порошковыми проволоками составов ПП-Нп-20Х12Г10САФ, ПП-Нп-12Х13Г12САФ [1], так и результатам разработки и исследования хромомарганцевых сталей, наплавленных порошковыми лентами ПЛН-7 [2].

Построенная модель в полной мере моделирует фазовый состав наплавленных Fe-Cr-Mn сталей, полностью соответствует экспериментальным результатам, что подтверждает ее адекватность реальным процессам формирования состава и структуры наплавленного металла.

* * *