

Применение в качестве материала азотируемого инструмента низколегированных штамповых сталей (5ХНМ, 4ХМФС) не дает существенного повышения его стойкости по той причине, что данные стали не содержат активных нитридообразующих элементов. Кроме того, они обладают низкой теплостойкостью, что также снижает стойкость инструмента. Поэтому при разработке низколегированных азотируемых штамповых сталей легирующий комплекс должен повышать не только свойства азотированного слоя, но и теплостойкость и прочность самой стали. Для достижения этой цели базовую сталь 5ХНМ легировали комплексом ФЮТР. Титан и ванадий являются карбидообразующими элементами, бор и алюминий – некарбидообразующими. Установлено, что важную роль в повышении эксплуатационных свойств азотируемых штамповых сталей играют соотношения легирующих элементов, правильный выбор которых позволяет создавать термодинамические условия для образования тех или иных фаз. Таким образом, комплексное легирование стали 5ХНМ титаном, бором, алюминием, ванадием позволило получить следующие стали:

сталь для крупного штампового инструмента, имеющую после отпуска 600 °С твердость 42–44 НRC, прочность σ_b – 1450 МПа, ударную вязкость 5–7 МДж/м², микротвердость азотированного слоя $H_{0,0981}$ – 9,5 ГПа;

сталь для мелкого прессового инструмента, имеющую после отпуска 620°С твердость 48–50 НRC, прочность σ_b – 1800 МПа, ударную вязкость – 3,5 – 4 МДж/м², микротвердость азотированного слоя $H_{0,0981}$ – 14,5 ГПа.

УДК 621.74:669.131.7

С.С.ГУРИН, В.А.СТЕФАНОВИЧ,
Г.И.КЛЕЩЕНКО

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МОДИФИЦИРУЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ФТОРИДА МАГНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИМПЛЕКСНОГО МЕТОДА ПЛАНИРОВАНИЯ

Толщина слоя с шаровидным графитом (ШГ), а также степень его сферидизации, по которым оценивали модифицирующую способность покрытий, при прочих равных условиях зависят главным образом от соотношения таких компонентов, как фторид магния, силикокальций и аморфный графит.

Оптимизация состава модифицирующего покрытия производилась с использованием модели неполного третьего порядка [1] (рис. 1, а). Проведенные исследования показали, что наиболее стабильные результаты получаются при содержании в составе покрытия фторида магния в пределах 25–60 %, силикокальция и аморфного графита соответственно 35–70 % и 5–40 %. С учетом этого план эксперимента для построения выбранной модели можно представить в виде табл. 1.

Переход от кодированных координат к натуральным и наоборот осуществляли, используя соотношение $(A, B, C) = X_1(60, 35, 5) + X_2(25, 70, 5) + X_3(25, 35, 40)$ по уравнениям:

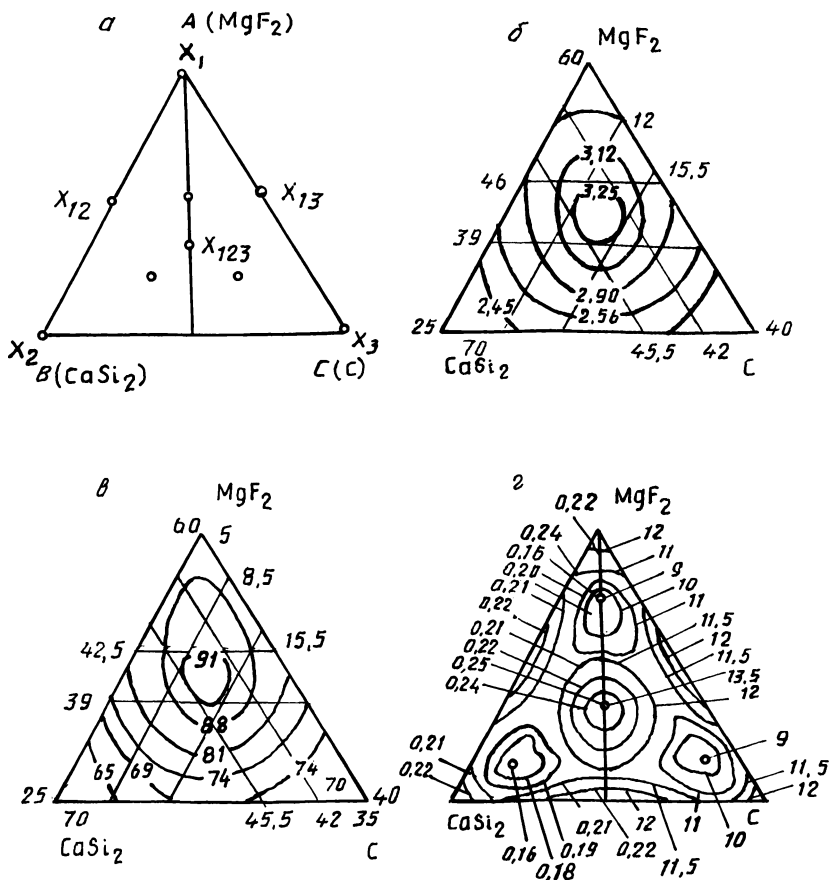


Рис. 1. План эксперимента (а), зависимости толщины слоя с ШГ (б) и степени сфероидизации графита (в) от соотношения основных компонентов в покрытии и 95 %-е доверительные интервалы значений толщины слоя с ШГ (г, левая часть) и степени его сфероидизации (г, правая часть)

$$A = 60X_1 + 25X_2 + 25X_3;$$

$$B = 35X_1 + 70X_2 + 35X_3;$$

$$C = 5X_1 + 5X_2 + 40X_3,$$

где A, B, C — содержание компонентов в покрытии в процентах; X_1, X_2, X_3 — в долях единицы.

Расчеты каждого из контролируемых параметров (толщина слоя с ШГ и степень сфероидизации графита) производили на микроЭВМ "Электроника-ДЗ-28".

Табл. 1. План эксперимента

Но- мер опы- та	Состав покрытия в масштабе						Толщина слоя с ШГ-10 ⁻² , мм		Степень сферо- идизации гра- фита, %	
	кодированном, доли единицы			натуральном, %			I серия опытов	II серия опытов	I серия опытов	II серия опытов
	X ₁	X ₂	X ₃	MgF ₂ (A)	CaSiO ₂ (B)	C(C)				
1	1	0	0	60	35	5	314	325	87	93
2	0	1	0	25	70	5	181	171	68	52
3	0	0	1	25	35	40	214	193	62	68
4	1/2	1/2	0	42,5	52,5	5	226	236	75	80
5	1/2	0	1/2	42,5	35	22,5	275	293	72	78
6	0	1/2	1/2	25	52,5	22,5	248	269	57	63
7	1/3	1/3	1/3	36,7	46,7	16,6	349	357	87	92
8	1/2	1/4	1/4	42,6	43,9	13,5	325	335	85	90
9	1/4	1/2	1/4	33,6	52,5	12,9	336	357	85	90
10	1/4	1/4	1/2	33,6	43,9	22,5	347	368	87	93

Результаты опытов матрицы планирования позволили рассчитать коэффициенты модели и получить уравнения регрессии для каждого из контролируемых параметров:

$$Y_1 = 319,5X_1 + 176X_2 + 203,5X_3 - 67X_1X_2 + 97X_1X_3 + 275X_2X_3 + 2319X_1X_2X_3;$$

$$Y_2 = 90X_1 + 50X_2 + 65X_3 + 10,3X_1X_2 - 10,2X_1X_3 - 10,6X_2X_3 + 511,5X_1X_2X_3.$$

При проверке адекватности модели по F-критерию сравнивались расчетные и табличные его значения для контролируемых параметров (табл. 2).

Так как для каждого из контролируемых параметров $F_{\text{расч}} < F_{\text{табл}}$ модель следует признать адекватной при 5 %-м уровне значимости.

Гипотезу об адекватности модели проверяли также по результатам трех контрольных опытов 7–9 путем расчета и сравнения t -критериев (табл. 3).

Так как $t_{\text{расч}} < t_{\text{табл}}$ для всех контрольных опытов, гипотеза об адекватности модели при 5 %-м уровне значимости принимается.

Табл. 2. Значения F- критерия

Контролируемый параметр	F _{расч}	F _{табл}
Толщина слоя с ШГ, мм	3,38	4,35
Степень сфероидизации графита, %	0,65	4,35

Табл. 3. Значения t -критерия

Контролируемый параметр	Номер опыта	t расч	t табл
Толщина слоя с ШГ, мм	7	3,10	
	8	3,28	3,31
	9	3,25	
Степень сфероидизации графита, %	7	1,41	
	8	1,17	3,31
	9	2,03	

Полученные модели (рис. 1, б, в, д) показывают, что максимальные толщина слоя с ШГ и степень его сфероидизации наблюдаются при использовании модифицирующих покрытий, содержащих 39–42,5 % MgF_2 , 42–45,5 % $CaSi_2$, 12–15,5 % С.

Учитывая, что в состав покрытия входят также связующее, огнеупорный наполнитель и другие компоненты, составляющие в среднем 15–25 %, основные компоненты необходимо вводить в следующем соотношении 31,5–34 % MgF_2 , 33,5–36,5 % $CaSi_2$ и 9,5–12,5 % С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н о в и к Ф.С. Планирование эксперимента на симплексе при изучении металлических систем. — М., 1985. — 236 с.

УДК 621.746.6

В.Ф.СОБОЛЕВ, А.Н.ЧИЧКО,
Ф.Н.БОРОВИК

О ПАРАМЕТРАХ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ТИП МЕЖАТОМНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ В СПЛАВАХ

Исследование межатомного взаимодействия компонентов в сплавах и его влияния на механические и литейные их свойства является одной из важнейших задач теории литейных процессов. Образование различных фаз, жидких и твердых растворов непосредственно связано с процессами межатомного взаимодействия. Выяснение основных факторов, определяющих характер взаимодействия компонентов, создаст дополнительные возможности для повышения информативности математических моделей, используемых при прогнозе свойств сплава.