

УДК 669.018.8

ВЛИЯНИЕ МОЛИБДЕНА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОШКОВОЙ СТАЛИ Fe-30Cr-0,2C

Юлия Александровна Клычевских

Студент 4 курса,

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет

Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН

Научный руководитель: А.Г. Колмаков,

доктор технических наук, член-корр. РАН, профессор кафедры «Материаловедение»

По сравнению с такими методами производства деталей как литье, обработка резанием и обработка давлением, порошковые технологии обладают рядом неоспоримых преимуществ: использования более низких температур для спекания изделий, чем температуры литья, а также более высокий коэффициент использования материала, чем при обработке давлением и резанием. Кроме того, с применением порошковых технологий можно добиться получения сплавов таких составов, которые нельзя получить при обычном легировании из-за ограниченной растворимости вводимых элементов в сплаве. Для хромистых коррозионностойких сталей важным легирующим элементом является молибден, который хоть и не способствует росту оксидной пленки, но повышает стойкость к питтинговой и щелевой коррозии, а также механические характеристики [1]. Также система Fe-Cr-Mo представляет интерес как перспективный модельный материал для дальнейшего производства высокоэнтропийных сплавов. Однако ввиду невысокой растворимости молибдена в стали стандартными методами легирования добиться большого содержания его в сплаве проблематично.

Целью данной работы была оценка влияния содержания Mo в порошковой стали Fe-30Cr-0,2C на усадку образцов, полученных в процессе горячего прессования, их плотность, твёрдость и предел текучести.

Для проведения исследования были подготовлены шихтовые заготовки из порошковой стали Fe-30Cr-0,2C фракции $-71+40$ мкм с содержанием в них 1, 5 и 10% порошка молибдена фракции менее 15 мкм. Полученные порошковые смеси перемешивались в смесителе типа «пьяная бочка» марки Турбула (Вибротек, Санкт-Петербург), время смешения 320 минут [2]. Перед обжигом из приготовленной шихты методом полусухого прессования формовали образцы в виде дисков диаметром 25 мм. Отформованные заготовки обжигали методом горячего прессования при температуре 1050°C с изотермической выдержкой 15 минут в вакууме с максимальным удельным давлением 30 МПа. Обжиги проводили в печи горячего прессования Thermal Technology Inc. (модель HP20-3560-20) с графитовым нагревателем [3].

После проведения горячего прессования были получены образцы диаметром 25 мм, для которых провели измерение степени усадки по высоте, также была измерена твердость полученных образцов. Измерение твердости было выполнено на твердомере по методу Роквелла по шкале А. Оценка твердости проводилась на торцевой и боковой поверхностях цилиндрических образцов. Измерение выполняли не менее 3 раз. Также были проведены измерения плотности образцов по измерению их геометрических размеров и массы, а также методом гидростатического взвешивания. Были проведены испытания на сжатия, из которых были получены данные о пределах текучести образцов. Полученные усредненные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1. Усредненные данные испытания на сжатия

Содержание Мо, %	Усадка, %	Твердость, HRA		Плотность, г/см ³	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа
		торцевая поверхность	боковая поверхность		
1	55,21	56,10 ± 0,17	56,33 ± 1,16	7,528 ± 0,010	474
5	56,48	60,17 ± 0,29	59,30 ± 0,53	7,601 ± 0,017	531
10	57,79	66,33 ± 0,29	64,70 ± 0,61	7,717 ± 0,034	853

Анализ полученных результатов показывает, что при увеличении содержания в образцах тугоплавкого элемента возрастает степень усадки, что может быть объяснено увеличением объемной доли мелкодисперсного порошка молибдена в исходных шихтовых заготовках. Также наблюдается увеличение твердости образцов при ее измерении как на торцевой, так и на боковой поверхностях. Поскольку горячее прессование происходит в графитовой матрице, существует возможность образования карбидов железа и молибдена, что требует дополнительного изучения. При испытаниях на сжатия образцы с 1% и 5% содержания молибдена пластически деформировались вплоть до разрушения, образец с 10% молибдена разрушился хрупко.

Таким образом, при повышении содержания Мо от 1 до 10 % усадка увеличивается с 55,21% до 57,79%, твердость на торцевой поверхности образцов возрастает в 1,15 раз (с 56,3 HRA до 64,7 HRA), а на боковой поверхности в 1,18 раз (с 56,1 HRA до 66,3 HRA), плотность увеличивается с $7,528 \pm 0,010$ г/см³ до $7,717 \pm 0,034$ г/см³, предел текучести возрастает с 474 МПа до 853 МПа.

Автор выражает благодарность чл.-корр., д.т.н. Колмакову А. Г., к.т.н. Иванникову А. Ю. и к.т.н. Лысенкову А. С. за помощь в подготовке научного исследования.

Литература

1. Коррозионностойкие стали в аддитивном производстве / А. Г. Колмаков, А. Ю. Иванников, М. А. Каплан, А. А. Кирсанкин, М. А. Севостьянов // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2021. – Т. 65. – № 9. – С. 619-650.
2. Магнитные гистерезисные свойства порошкового магнитотвердого сплава Fe-25Cr-12Co / И. М. Миляев, М. И. Алымов, И. Н. Буряков [и др.] // Металлы. – 2020. – № 2. – С. 63-67.
3. Свойства 21R-сиалоновой керамики с добавкой оксида самария, полученной горячим прессованием / А. С. Лысенков, Д. Д. Титов, К. А. Ким [и др.] // Журнал неорганической химии. – 2021. – Т. 66. – № 8. – С. 1092-1098.