



# ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ЧАСТИЦ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА НА ИХ МИКРОТВЕРДОСТЬ, ХИМИЧЕСКУЮ НЕОДНОРОДНОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИЦИОННОГО НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

А. П. ЖУДРА, В. И. ДЗЫКОВИЧ, кандидаты техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Описаны результаты исследований сферических и несферических частиц карбидов вольфрама  $WC-W_2C$ , полученных путем термоцентрибежного напыления. Проведен их химический и энергодисперсионный спектральный анализы, исследована износостойкость наплавленных образцов. Показано, что некоторая часть частиц несферической формы может использоваться при наплавке композиционных покрытий.

*Ключевые слова:* карбиды вольфрама, термоцентрибежный способ распыления, сферические частицы, несферические частицы, композиционный наплавленный металл

При производстве гранулированных порошков карбида вольфрама по различным технологиям [1] в готовом материале содержится определенное количество несферических частиц, наличие которых значительно ухудшает текучесть порошков. В результате нарушается стабильность работы дозирующих устройств при плазменно-порошковом, лазерном и других способах наплавки.

Разработан специальный вибростенд, с помощью которого можно отделять частицы несферической формы от общей массы гранулированных порошков и получать порошки со значительно меньшим их содержанием [2]. Однако полностью отделить частицы несферической формы даже с использованием вибростенда не удается.

Авторами поставлена задача исследовать химическую неоднородность частиц карбида вольфрама различных форм, полученных термоцентрибежным способом распыления, а также влияние частиц несферической формы на износостойкость композиционного наплавленного металла.

Для исследований отбирались пробы порошков карбида вольфрама сферической и несферической

форм (гранулометрический состав 100...250 мкм), полученных способом термоцентрибежного распыления.

Химическую микрон неоднородность порошков карбида вольфрама различных форм изучали на растровом электронном микроскопе CAM SCAN 4 + LINK — система ENERGY 2000 (энергодисперсионный анализатор) [3]. На рис. 1 приведено распределение вольфрама, углерода и железа в исследуемых частицах, а в табл. 1 — результаты элементного анализа в отдельных локальных точках.

Следует отметить, что при проведении точечного анализа возможно нагорание углерода на поверхности исследуемой частицы. В связи с этим

**Таблица 1.** Данные микрорентгеноспектрального анализа частиц порошка различной формы

Форма частиц	Массовая доля элементов, %		
	C	Fe	W
Несферическая	3,7	—	96,30
	13,24	0,60	86,16
	9,27	0,73	90,00
Сферическая	4,85	—	95,14
	4,79	0,31	94,90
	4,93	0,10	94,97

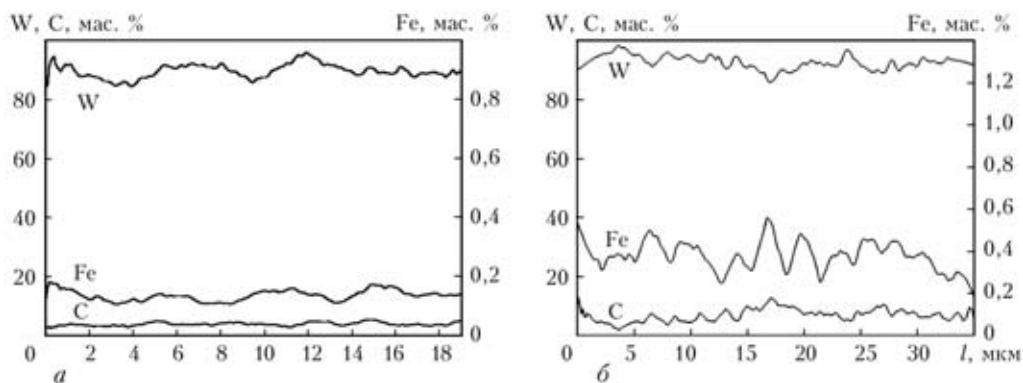


Рис. 1. Кривые распределения элементов в несферической (а) и сферической (б) частицах;  $l$  — длина секущей



**Т а б л и ц а 2.** Содержание углерода в частицах и их микротвердость

Форма частиц	Массовая доля углерода, %	HV 100, МПа
Несферическая	4,12	2764±187
Сферическая	3,96	2914±254

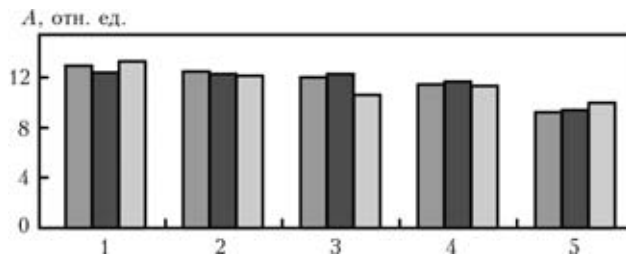


Рис. 2. Диаграмма износостойкости (*A*) образцов, наплавленных композиционными сплавами, содержащими различное количество частиц карбида вольфрама несферической формы: 1 — 100 % частиц порошка сферической формы; 2 — 80 % частиц порошка сферической формы + 20 % частиц порошка несферической формы; 3 — 50 % частиц порошка сферической формы + 50 % частиц порошка несферической формы; 4 — 100 % частиц порошка несферической формы; 5 — 100 % частиц порошка дробленого карбида вольфрама; 1–4 — порошки, полученные термоцентробежным способом распыления

показатели по углероду становятся завышенными. При сканировании большей площади исследуемой частицы эти результаты выглядят значительно точнее, однако наиболее достоверными следует считать данные, полученные при определении содержания углерода методом химического анализа (табл. 2).

Исследования показали, что частицы сферической формы имеют более стабильные значения по химическому составу и микротвердости. Для изучения износостойкости композиционных покрытий, полученных при использовании порошка карбида вольфрама в качестве износостойкой составляющей, наплавлены образцы диаметром 10 мм и длиной 20 мм из стали Ст3. В качестве сплава связки для всех образцов использовали мельхиор марки МНМц60-20-20. Наплавку образцов производили в графитовых тиглях плазменной дугой. Наплавлено

по три образца с различным содержанием частиц несферической формы.

Исследования износостойкости выполняли на установке НК-М [4]. Изнашивание по этой методике производили полужакрепленным абразивом, в качестве которого использовали кварцевый песок. Эталонами служили образцы из отожженной стали 45. Для сравнения испытывали образцы, наплавленные дробленым карбидом вольфрама.

Как показали результаты исследований (рис. 2), износостойкость наплавленных образцов, армирующая фаза которых содержит до 20 % частиц несферической формы, всего на 10...12 % ниже, чем у образцов со сферической армирующей фазой. Следовательно, некоторое количество несферических частиц вполне допустимо использовать в составе композиционного наплавленного металла с упрочняющей фазой на основе карбидов вольфрама.

Таким образом, частицы карбида вольфрама сферической формы, полученные способом термоцентробежного распыления, имеют более однородный химический состав по углероду и вольфраму, а износостойкость наплавленных образцов, армирующая фаза которых содержит до 20 % частиц несферической формы, всего на 10...12 % ниже, чем у образцов со сферической армирующей фазой, что допустимо при использовании в композиционных наплавленных слоях.

1. Жудра А. П., Дзыкович В. И., Белый А. И. Свойства порошков карбидов вольфрама, полученных по различным технологиям // Автомат. сварка. — 2010. — № 6. — С. 28–31.
2. Богатырева Г. П., Ильницкая Г. Д., Петасюк И. Д. Повышение качества порошков карбида вольфрама. Породо-разрушающий и металлообрабатывающий инструмент — техника и технология его изготовления и применения // Сб. науч. тр. ИСМ. — 2010. — Вып. 13. — С. 113–117.
3. Дзыкович В. И. Исследование и разработка материалов для износостойкой наплавки на основе сфероидизированных гранул карбидов вольфрама: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Киев, 2010. — 25 с.
4. Юзвенко Ю. А., Гавриш В. А., Марьенко В. И. Лабораторные установки для оценки износостойкости наплавленного металла // Теоретические и технологические основы наплавки. — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1979. — С. 27–32.

The paper describes the results of investigation of spherical and non-spherical particles of tungsten carbide WC-W<sub>2</sub>C produced by the method of thermal centrifugal spraying. Their chemical and energy-dispersive spectral analyses are conducted, and wear resistance of sprayed samples is studied. It is shown that a certain part of the non-spherical particles can be used in deposition of composite coatings.

Поступила в редакцию 25.10.2011