

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ НАПЛАВОЧНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО ТВЕРДОГО СПЛАВА

Ю.А. Миронов<sup>1</sup>, Д.И. Годлевская<sup>2</sup>, С.А. Мазуров<sup>3</sup>, В.И. Белов<sup>4</sup>

*Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт материалов», 191014, Санкт-Петербург, ул. Парадная, 8, e-mail: info@cniim.com*

Изучен процесс изготовления порошковой наплавочной проволоки, состоящей из трубчатой стальной оболочки, заполненной вторичным твердым сплавом. Произведена опытная наплавка изготовленной порошковой проволоки на стальную подложку методом электродуговой сварки в среде аргона. Структура полученного наплавочного слоя представляет собой композиционный материал «стальная матрица – армирующий твердый сплав» с существенным взаимным растворением компонентов друг в друге.

*Ключевые слова:* наплавочная проволока, вторичный твердый сплав, карбид вольфрама, волочение, структура, микрорентгеноспектральный анализ, диффузия, микротвердость

Изнашивание рабочих поверхностей деталей машин часто требует их полной замены. По причине изнашивания выходит из строя до 90% всех машин. Особенно интенсивному абразивному и ударному изнашиванию подвергаются поверхности деталей дробилок и мельниц, строительно-дорожных и землеройных машин, а также конструкций технологического оборудования, работающего в горнодобывающей, металлургической, цементной и других отраслях промышленности.

Традиционным способом повышения износостойкости деталей машин является электродуговая наплавка изнашиваемой поверхности электродами и порошковой проволокой [1]. Упрочняющей фазой в износостойких наплавках обычно является карбид хрома, который по твердости (1250 HV) близок к твердости кварца. В результате, наплавки с карбидом хрома не могут обеспечить существенное повышение износостойкости деталей, работающих при интенсивном абразивном изнашивании. Гораздо

более износостойкими являются наплавки деталей релитом. Релит представляет собой литой эвтектический сплав карбидов вольфрама, который обладает особо высокой твердостью (2500 HV). Вместе с тем релит – хрупкий карбид, что снижает сопротивление релитовых наплавов удару. Ограничивает широкое применение наплавов релита также его высокая стоимость.

В нашей стране коллектив сотрудников АО «ЦНИИМ» разработал и запатентовал способ механического измельчения кусковых отходов твердых сплавов [2]. С применением этого способа разработана экономичная отечественная технология производства порошков и крупки вторичных твердых сплавов ВК. Технология позволяет получать частицы любых размеров в диапазоне от нескольких микрометров до 10 мм. Порошок вторичного твердого сплава из отходов примерно в 2 раза дешевле порошка из первичных шихтовых материалов [3]. Внешний вид крупки и порошка вторичного твердого сплава показан на рисунке 1.

<sup>1</sup>Миронов Юрий Алексеевич – инженер I кат. отдела 123 тел.: (911) 155-85-49, e-mail: mironov\_one@bk.ru;

<sup>2</sup>Годлевская Дарья Игоревна – инженер I кат. отдела. 138, e-mail: [dasha42150@yandex.ru](mailto:dasha42150@yandex.ru);

<sup>3</sup>Мазуров Сергей Александрович – кандидат технических наук, начальник лаборатории отдела 123, тел. (812)578-91-08;

<sup>4</sup>Белов Валерий Иванович – кандидат технических наук, начальник лаборатории листовой штамповки, ротационной вытяжки и технологии «Газоход», тел. (812) 226-69-08.



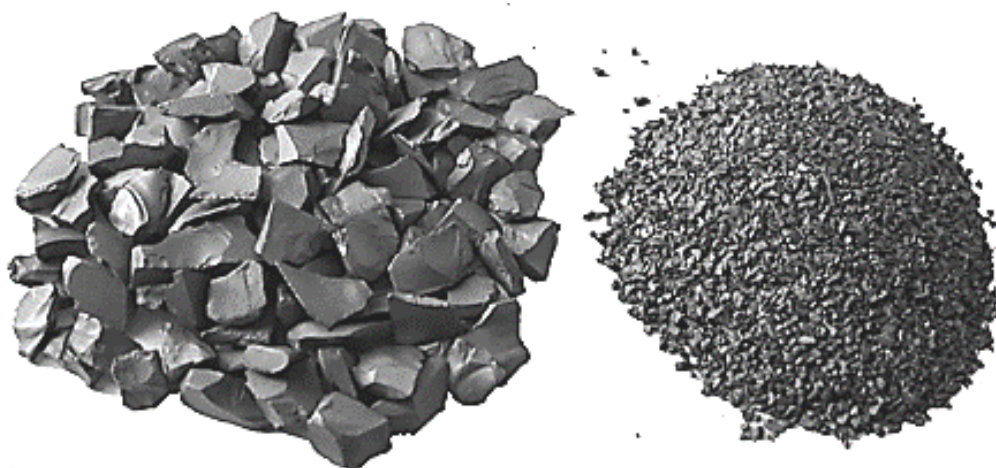


Рисунок 1 – Крупка и порошок из вторичного твердого сплава

Одним из перспективных способов восстановления деталей является разрабатываемая в АО «ЦНИИМ» технология производства наплавочной проволоки с твердым сплавом. Заготовка наплавочной проволоки состоит из внешней стальной оболочки трубчатой формы, заполненной частицами вторичного твердого сплава. Уплотнение заготовки наплавочной проволоки может быть осуществлено такими методами как прокатка в калибрах, ковка на радиально-ковочных или ротационно-ковочных машинах, волочение.

В настоящей работе исследовали метод волочения на примере четырех заготовок наплавочной проволоки. В первых двух заготовках в качестве оболочки использовали трубки из стали ЭИ835Ш, вторые две заготовки имели в качестве оболочки трубки из стали 12Х18Н10Т. Наружный диаметр всех четырех заготовок равен 8 мм, толщина стенки 1,5 мм и 2 мм для каждого вида оболочки.

Стальную оболочку засыпали смесью вторичных порошков твердого сплава марок ВК-6 и ВК-8 фракции 100 – 350 мкм с виброуплотнением порошка в трубке до плотности утряски, что позволило добиться получения массовой доли порошка в заготовке, равной 66%. Передний и задний концы трубок запаивали стальными заглушками.

Волочение осуществляли на оборудовании специализированного пружинного производства АО «ЦНИИМ» [4]. Волочение проводили на цепном волочильном стане. В качестве технологической смазки использовали разработанный в АО «ЦНИИМ» состав, состоящий из

мелкодисперсного графита и жидкого стекла (А.с. №1702586).

Как известно [5], в процессе волочения прутков и проволоки происходит формирование структуры и свойств материала, а также редуцирование диаметра проволоки. В случае деформирования порошковых материалов, кроме этого, происходит уплотнение материала за счет частичного вдавливания частиц твердого сплава в стальную оболочку. Какая-либо пластическая деформация частиц твердого сплава при данных условиях обработки заготовок не представляется возможной. Кроме того, чрезмерное деформирование оболочки заготовки частицами твердого сплава приведет к нарушению сплошности оболочки и невозможности её дальнейшего волочения по причине обрыва.

Из четырех исследованных заготовок наименьшим запасом технологической пластичности обладала заготовка со стальной трубкой из стали 12Х18Н10Т с толщиной стенки 1,5 мм. При достижении диаметра проволоки 5,2 мм произошел ее обрыв на следующем проходе волочения. Разупрочняющий отжиг заготовки на установке электроконтактного нагрева не принес ожидаемого роста пластичности.

Заготовку с трубкой из стали ЭИ835Ш с толщиной стенки 2 мм удалось проволочить до диаметра 3,9 мм с двумя промежуточными разупрочняющими отжигами. Остальные две заготовки показали промежуточный вариант.

Полученную проволоку подвергали термомеханической обработке на установке электроконтактного нагрева и шлифовали на ленточно-шлифовальном станке с целью удаления поверхностных

оксидов от терморихтовки и следов смазки, применявшейся при волочении проволоки.

Проволоку диаметром 3,9 мм испытывали опытной электродуговой наплавкой на стальную пластину в среде инертного газа (аргон). Флюс при наплавке не применяли.

После выполнения опытной наплавки на электронно-оптическом микроскопе Neophot 21 и на растровом электронном микроскопе «Комебакс» исследовали структуру наплавленного шва, а также его микрорентгеноспектральный

анализ (МРСА) при помощи энергодисперсионного спектрометра INCA Energy 350. Микротвердость отдельных участков наплавленного слоя определяли на приборе ПМТ-3 по ГОСТ 9450-76.

При исследовании в оптическом микроскопе в наплавке выявлены две фазы (рисунок 2): светлая матрица и частицы осколочной формы серого цвета (твердый сплав), а также дефекты в виде трещин и несплошностей (рисунок 3).

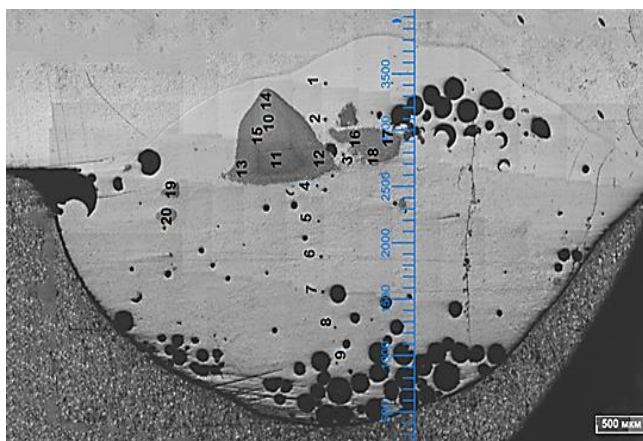


Рисунок 2 – Структура опытной наплавки

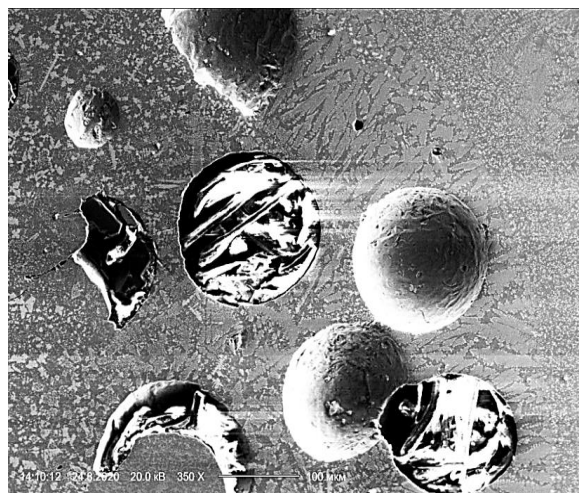


Рисунок 3 – Включения и поры структуре наплавки

Результаты МРСА приведены в таблице 1. Выявлено, что в матрице образца имеются несколько зон, отличающихся содержанием вольфрама, железа и кобальта. Условно в поперечном сечении матрицы можно выделить две зоны. В первой зоне, прилегающей к наплавляемой пластине, содержится примерно 70 % железа и 26 – 28% вольфрама. Во второй (внешней) зоне содержание железа снижается до 53 – 62 %, а содержание вольфрама вырастает до 30 – 40%. Такое разделение, по-видимому, вызвано частичным расплавлением наплавляемой подложки.

Вблизи частиц твердого сплава концентрация вольфрама и кобальта несколько выше, а железа – ниже средневзвешенных значений. Вероятно, это связано с взаимной диффузией элементов на границе «твердый сплав – матрица». При проведении МРСА частиц твердого сплава выявлена неоднородность по химическому составу, как

между разными частицами наплавки, так и между разными участками одной и той же частицы. Наибольшее различие наблюдается в содержании железа и кобальта на участках вблизи центральной части частицы и ее края. В наиболее крупных частицах содержание кобальта в центре может достигать до 20 – 25 %.

При определении микротвердости выявлено ее повышение в матрице пропорционально увеличению концентрации вольфрама в матрице. Микротвердость матрицы составляет от 572 до 1312 единиц НV. Микротвердость твердого сплава находится в диапазоне от 885 до 1361 единиц НV.

#### Выводы:

Опробована опытная технология изготовления наплавочной проволоки. Удалось добиться уменьшения сечения заготовки в четыре раза: с диаметра заготовки 8 мм до диаметра проволоки 3,9 мм;

Таблица 1 – Результаты МРСА опытной наплавки

Участок	Содержание компонентов, % об.				
	Fe	W	Co	Ti	C
1(матрица)	70,2	27,8	2,5	-	0,6
2(матрица)	70,9	26,5	2,6	-	-
3(матрица)	54,7	29,4	3,6	0,6	1,3
4(матрица)	53,3	40	3,7	0,6	2,2
5(матрица)	58,9	34,8	3,5	0,8	1,7
6(матрица)	61,6	32	3,3	0,6	2,3
7(матрица)	61,3	32,3	3,4	0,5	2,3
8(матрица)	57,8	34,7	3,4	0,6	3,6
9 (матрица)	57,7	34,3	3,2	0,5	4
10 (твердый сплав)	2,9	74,1	15,6	0,2	4,3
11 (твердый сплав)	4,8	62,5	24,3	0,3	3,5
12 (твердый сплав)	29,5	56,5	8,6	0,2	3,7
13 (твердый сплав)	8,1	63,5	19,8	0,3	4,2
14 (твердый сплав)	19,9	70,8	4,2	-	4,3
15 «твердый сплав»	2,8	72,2	16,4	-	5,6
16 (твердый сплав)	29,8	57,3	6,5	0,7	5,8
17 (твердый сплав)	29,6	54,5	9,5	0,6	5,8
18 (твердый сплав)	34,9	53,7	5,2	0,5	5,7
19 (твердый сплав)	37,7	51,7	2,9	1,2	6,6
20 (твердый сплав)	5,9	72,4	15,6	-	6

Проведена опытная наплавка изготовленной проволоки, исследована структура наплавки. Установлено, что участки с наибольшей твердостью находятся в приповерхностной зоне наплавки, наименее подверженной влиянию подплавления наплавляемой подложки. Увеличение твердости матричного слоя наплавки пропорционально содержанию вольфрама в матрице наплавки и находится в диапазоне от 572 до 1312 единиц HV;

В результате диффузионных процессов прошедших в процессе наплавки на границе «твердый сплав – матрица» в приграничной зоне матрицы наблюдается существенное повышение концентрации тугоплавких легирующих элементов, вольфрама и кобальта, что оказывает благоприятное влияние на повышение износостойкости наплавки;

Наличие значительного количества несплошностей и пор в структуре наплавки может быть вызвано неоптимальными

параметрами процесса наплавки. Возможно, следует добавить в состав порошковой проволоки флюсообразующие компоненты, позволяющие повысить защищенность сварочной ванны.

### Литература

1. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление / пер. с яп. В.Н. Попова. Под ред. В.С. Степина, Н.Г. Шестеркина. – М.: Машиностроение, 1985.
2. Патент РФ № 2170646. Орданьян С.С., Гиршов В.Л., Пантелеев И.Б., 27.11.2007.
3. Новое поколение износостойких материалов. Горная промышленность №3, 1996, С.22.
4. Шаболдо, О.П. Специализированное пружинное производство / О.П. Шаболдо, Я.М. Викторский, Е.В. Васильев // «ЦНИИ материалов - 100 лет на благо России» - Санкт-Петербург, - 2012г.-с.116-124.
5. Рудской, А.И. Волочение: учебное пособие / А.И. Рудской, В.А. Лунёв, О.П. Шаболдо. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.-126 с.