

ВЛИЯНИЕ ГРАФИТА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

В.В. Красильников, Ю.В. Плесканева, М.С. Прозорова
ГОУ ВПО «Белгородский государственный университет»
E-mail: kras@bsu.edu.ru

Исследования методами электроискрового легирования (ЭИЛ) металлов и сплавов к настоящему времени насчитывают более, чем полувековую историю [1-3]. Тем не менее, многие свойства и закономерности композитных материалов, полученных с помощью ЭИЛ, имеющие научную актуальность и практическое применение, не изучены.

В данной работе исследуются процессы электрической эрозии, происходящей при ЭИЛ, и изучаются механические свойства покрытий металлов и их сплавов, сформированных методом ЭИЛ. В частности, анализировались поверхности покрытий при различных режимах нанесения. С помощью сканирующего зондового микроскопа Nanoeducator снимались участки поверхности образцов и исследовалась их шероховатость в зависимости от режимов легирования. Изучались также такие механические свойства покрытий металлов и их сплавов, сформированных методом ЭИЛ, как микротвердость, прочность и пластичность, зависимости механических свойств композитов от температуры отжига.

Работы по нанесению покрытий производились с использованием ручной установки SE-5.01. В качестве основы (катода) были выбраны два вида сплава: а) инструментальная сталь марки 131Х6ВФ состава ~13% С; 6% Cr; V и W~1%; б) сплав титана, упрочняемый термической обработкой, марки VT1-0. Толщина покрытий, наносимых в результате мелкодисперсного разбрызгивания электроискровым разрядом, была порядка 100 - 200 мкм. В качестве анода применялся твердый сплав Т15К6 состава 15% карбидов Ti; 6% - кобальтовая связка; 79% - карбида вольфрама. Кроме того, применялись двухслойные покрытия: графит (нижний слой) + Т15К6 и графит (нижний слой) + VT1-0, на титановой основе (сплав VT1-0).

Измерения микротвердости образцов с покрытием на стали 131Х6ВФ производились с четырехгранной алмазной пирамидой Виккерса при нагрузке 0,020 кгс с помощью микротвердомера ПМТ-3М с фотоэлектрическим окулярным микрометром ФОМ-2. Для исключения случайных ошибок процедура измерения микротвердости проводилась не менее 10 раз.

Для характеристики механических свойств образцов при испытаниях на растяжение измерялись их модуль упругости, условный предел текучести, предел прочности. Применялись плоские образцы с толщиной в

рабочей части до 1,0 мм и с начальной расчетной длиной $l_0 = 21,5$ мм и рабочей длиной образцов $l = 27,7$ мм (полная длина $L = 54,1$ мм). На Рис.1. показаны диаграммы растяжения для трех видов образцов: 1 – образец без какого – либо покрытия, 2 – образец с покрытием твердым сплавом Т15К6, 3 – образец, имеющий два легирующих слоя: один графит, другой – твердый сплав Т15К6.

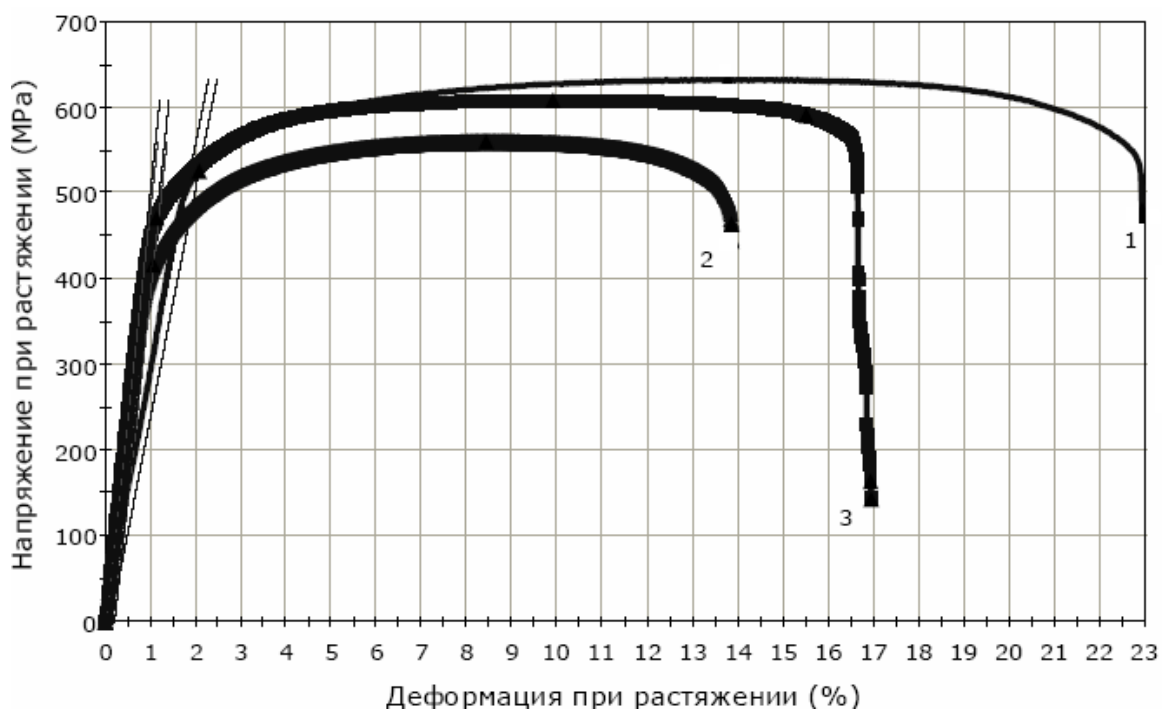


Рис.1.

Условный предел текучести принимает следующие значения: для первого образца составляет 525,73741 МПа, для второго – 416,75196 МПа, для третьего – 470,88691 МПа. Видим, что при нанесении твердого покрытия на исходный образец текучесть уменьшается, при использовании графита – текучесть увеличивается.

Временное сопротивление (предел прочности) – напряжение, соответствующее наибольшему усилию, предшествующему разрыву образца. Так для первого исходного образца предел прочности равен 632,18414 МПа, для второго образца с одним легирующим слоем предел прочности равен 559,96967 МПа, для третьего он составляет 607,75421 МПа. Как и в предыдущем случае, покрытие из твердого сплава уменьшает предел прочности, а при использовании графита прочность повышается. На Рис.1. максимальная деформация при растяжении соответствует исходному образцу (1), и она равна 22,92142%. Наименьшую деформацию, равную 13,84926%, имеет второй образец (2). Третьему образцу соответствует деформация 16,92794%.

На Рис.2. приведен график зависимости нагрузки от равномерного удлинения.

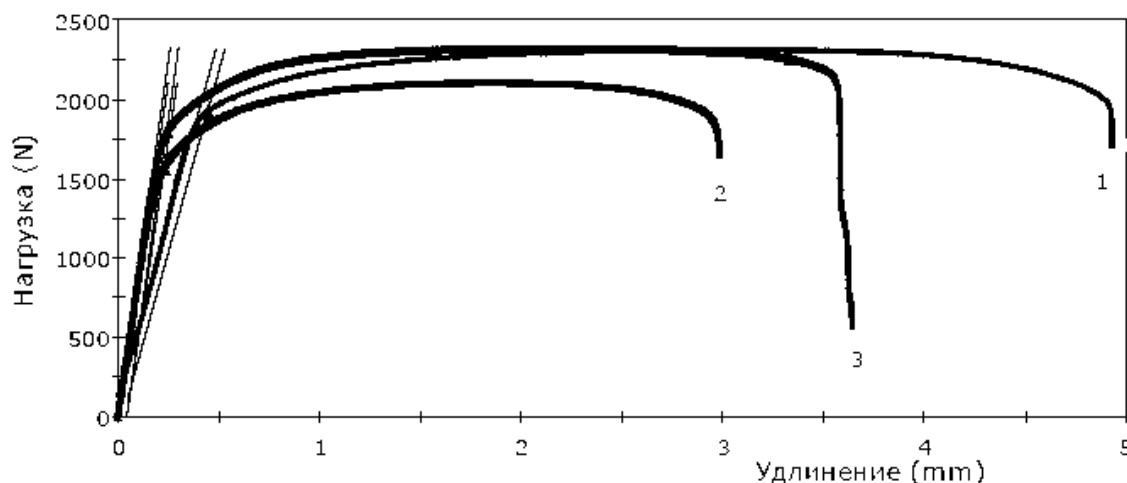


Рис.2.

Самое большое удлинение получилось у исходного образца (1), равное 4,93 мм, при нагрузке 2312Н. Удлинение образца 2 (покрытие только сплавом Т15К6) при нагрузке, равной 2300Н, составило 2,98 мм. Наконец, Удлинение образца 3, имеющего, кроме твердосплавного покрытия, также легирование слоем графита, оказалось равным 3,64 мм.

Выводы:

В результате систематических экспериментальных исследований по микроиндентированию композитов с покрытием из твердого сплава Т15К6 - инструментальная сталь 131Х6ВФ установлено:

1. микротвердость поверхности системы «покрытие – подложка» (белый слой) существенно больше по сравнению с исходным образцом из стали 131Х6ВФ и увеличивается с увеличением емкости рабочего конденсатора установки при фиксированных значениях напряжений;
2. толщина наносимого покрытия остается ограниченной независимо от увеличения длительности нанесения покрытия; предложенная модель описания процесса легирования качественно соответствует данному экспериментальному результату;
3. рельеф поверхности нанесенного покрытия носит зубчатый характер; более равномерный слой покрытия формируется при постоянном перемещении вибрирующего анода относительно катода.

Исследования прочности и пластичности композитов из твердого сплава Т15К6 - титанового сплава ВТ1-0 показали, что:

1. модуль упругости поверхностного слоя системы сплав Т15К6 - титановый сплав ВТ1-0 (1-я система) возрастает по сравнению с модулем исходного образца из сплава ВТ1-0;
2. при наличии графитового слоя между слоем твердого сплава Т15К6 и подложкой из сплава ВТ1-0 (2-я система) модуль упругости возрастает по сравнению с модулем упругости первой композитной системы;
3. пластичность и прочность 1-й системы меньше, чем у образца без легирования;
4. пластичность и прочность 2-й системы выше, чем эти характеристики у 1-й системы, но несколько ниже, чем у исходного образца, что свидетельствует о существенном влиянии присутствия графитового

покрытия между твердосплавным покрытием и титановой основой на механические свойства композитов.

Снятые диаграммы «напряжение – деформация» для образцов с двухслойным покрытием графит + ВТ1-0 на основе сплава ВТ1-0 в зависимости от температуры отжига (600°, 800°, 950°, 1100°С) также показали существенное влияние графитового слоя на прочностные и пластические свойства данного композита. Установлено, что увеличение температуры отжига при наличии графитового слоя приводит к значительному увеличению условного предела текучести, предела прочности и резкому снижению пластичности.

1. Золотых Б.Н. Физические основы электроискровой обработки металлов. – М.: Государственное изд-во технико-теоретической литературы.1953, 108 с.
2. Верхотуров А.Д., Подчерняева И.А., Прядко Л.Ф., Егоров Ф.Ф.Электродные материалы для электроискрового легирования. М.: Изд-во Наука. 1988. 224 с.
3. Николенко С.В., Верхотуров А.Д., Комарова Г.П.. Закономерности образования измененного поверхностного слоя при электроискровом легировании.// Упрочняющие технологии и покрытия. 2008. №4. С.20-28.