

УДК 678: 538.911
ПОВЕРХНОСТНАЯ ЭНЕРГИЯ ВАКУУМНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ НА СТАЛЬНЫХ СУБСТРАТАХ

Е. В. ОВЧИННИКОВ, Г. Ф. ЛОВШЕНКО, Н. М. ЧЕКАН
УО «ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Я. Купалы»
УО «БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ АВИАЦИИ»
ГНУ «ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ НАН Беларуси»
Гродно, Минск, Беларусь

Тонкопленочные материалы CrN и CrC относятся к износостойким химически стойким покрытиям. Для стехиометрического состава покрытий твердость составляет 17–18 ГПа и 20–22 ГПа соответственно для нитрида и карбида хрома. Твердость этих покрытий более чем в два раза превышает твердость т.н. «твердого хрома», формируемого гальваническими методами. Особенностью покрытия нитрида хрома является его беспористость (при толщинах более 3 мкм), что в сочетании с высокой химической инертностью материала обеспечивает высоконадежную защиту от коррозии. Данные покрытия характеризуются низким уровнем внутренних напряжений и высокой адгезией к основам из стали и твердого сплава, имеют достаточно высокий для керамических материалов коэффициент линейного расширения на уровне $9,4 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹. Формирование покрытий CrN катодно-дуговым методом осуществляется на вакуумных установках, оснащенных DC источниками плазмы хрома, ионными источниками для очистки и травления, а также системами нагрева изделий и источниками высокого напряжения для подачи потенциала смещения на подложку. Нанесения покрытий осуществляется при токе дуги 55–60 А в атмосфере азота, давление которого поддерживается на уровне 0,05–0,1 Па, на предварительно нагретые до 400 °С изделия.

Поверхностная энергия является термодинамической характеристикой материала. Согласно законам термодинамики, процесс смачивания связан с самопроизвольным уменьшением свободной энергии системы, состоящей из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной.

Для исследований по определению удельной поверхностной энергии в качестве подложек применяли стали 20, 40.

В табл. 1 приведены значения удельной поверхностной энергии исследуемых стальных подложек.

На данных подложках были сформированы покрытия Cr, CrN, CrCN. Исходя из полученных данных, различия значений удельной поверхностной энергии в зависимости от химического состава и подготовки подложек для нанесения покрытий для сталей 20 и 40 находятся в пределах ошибки.

Табл. 1. Значения удельной поверхностной энергии для различного вида сталей

Параметры	Тип подложки	
	сталь 20	сталь 40
Дисперсионный компонент пов.э, мДж	0,37	0,24
Полярный компонент пов. энергии, мДж	37,66	35,69
Удельная поверхностная энергия, мДж/м ²	38,02	35,93

Таким образом, незначительное различие в химическом составе субстратов оказывает несущественное изменение значений удельной поверхностной энергии исследуемых образцов. Далее проведены исследования по определению значений удельной поверхностной энергии в зависимости от типа покрытия, сформированного на стали 40 (табл. 2).

Табл. 2. Значения удельной поверхностной энергии для различного вида покрытий, сформированных на стали 40

Параметры	Тип подложки			
	Cr	CrC	CrN	CrCN
Дисперсионный компонент поверхностной энергии, мДж	1,74	0,01	0,72	8,31
Полярный компонент поверхностной энергии, мДж	17,43	32,36	45,26	83,41
Удельная поверхностная энергия, мДж/м ²	19,18	32,37	45,98	91,72

Исходя из полученных данных, следует, что удельная поверхностная энергия существенно зависит от строения и химического состава покрытий. Необходимо отметить, что различия в значениях удельной поверхностной энергии, сформированных на сталях с различными значениями углерода и других легирующих элементов не значительны.