

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ТОЛЩИНОМЕТРИИ КАРБИДОКРЕМНИЕВОГО ПОКРЫТИЯ

*Ловицкий А. А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Капранов Б.И., д. т. н., профессор кафедры  
физических методов и приборов контроля качества*

В настоящее время в России и за рубежом активно применяются карбидокремниевые покрытия, обладающие высокой химической инертностью, радиационной стойкостью, однородностью, износостойкостью, механической прочностью и хорошей адгезией к ряду материалов при высоких температурах. Материалы с карбидокремниевым покрытием имеют чрезвычайно важное практическое значение для изготовления деталей авиационной и ракетно-космической техники.

Главная цель работы – исследовать возможность создания метода контроля толщины карбидокремниевого покрытия, наносимого на основание из углерод-углеродного композиционного материала, при условии одностороннего доступа к изделию.

Главная характеристика, обеспечивающая защитные свойства карбидокремниевого покрытия - его толщина.

Основное отличие физических свойств основания и покрытия состоит в разности плотностей. Средняя плотность основания  $1.8 \text{ г/см}^3$ , а средняя плотность покрытия  $3.2 \text{ г/см}^3$ .

Анализ существующих методов толщинометрии показал, что наиболее объективным методом является радиоизотопная толщинометрия покрытия, основанная на измерении интенсивности потока обратно рассеянного гамма-излучения от комбинации «основа + покрытие».

Задача данной работы состоит в анализе энергетических и пространственных характеристик потока обратно рассеянного излучения, разработка геометрии контроля, позволяющей выделять информацию о верхнем слое изделия, т.е. информацию о толщине покрытия.

Надежное определение толщины карбидокремниевого покрытия на поверхностях материалов и выявление дефектов в приповерхностных слоях методами неразрушающего контроля важны для оценки качества изготавливаемых материалов и изделий, исследования их стойкости к факторам внешних воздействий.

Теоретическим путем была рассчитана интенсивность потока обратно рассеянного излучения от основания. Затем эти данные были использованы для нахождения зависимости интенсивности потока обратно рассеянного излучения в зависимости от конкретной толщины основания. На основании полученных данных был построен график, изображенный на рисунке 1.

Полученный график показывает, что на всех основаниях до толщины покрытия 2 мм с увеличением толщины покрытия интенсивность потока обратно рассеянных квантов растет. При дальнейшем увеличении толщины покрытия происходит инверсия этой зависимости. Покрытие начинает экранировать основание, ослабляя потоки первичных и рассеянных квантов. Это ограничивает диапазон измеряемых толщин по покрытию величиной 2 мм.

Цель эксперимента состояла в том, чтобы исследовать зависимости интенсивности потока обратно рассеянного излучения от толщины покрытия на заданном основании в различных режимах и выбрать режим, обеспечивающий минимальную погрешность измерения при минимальном времени измерения.

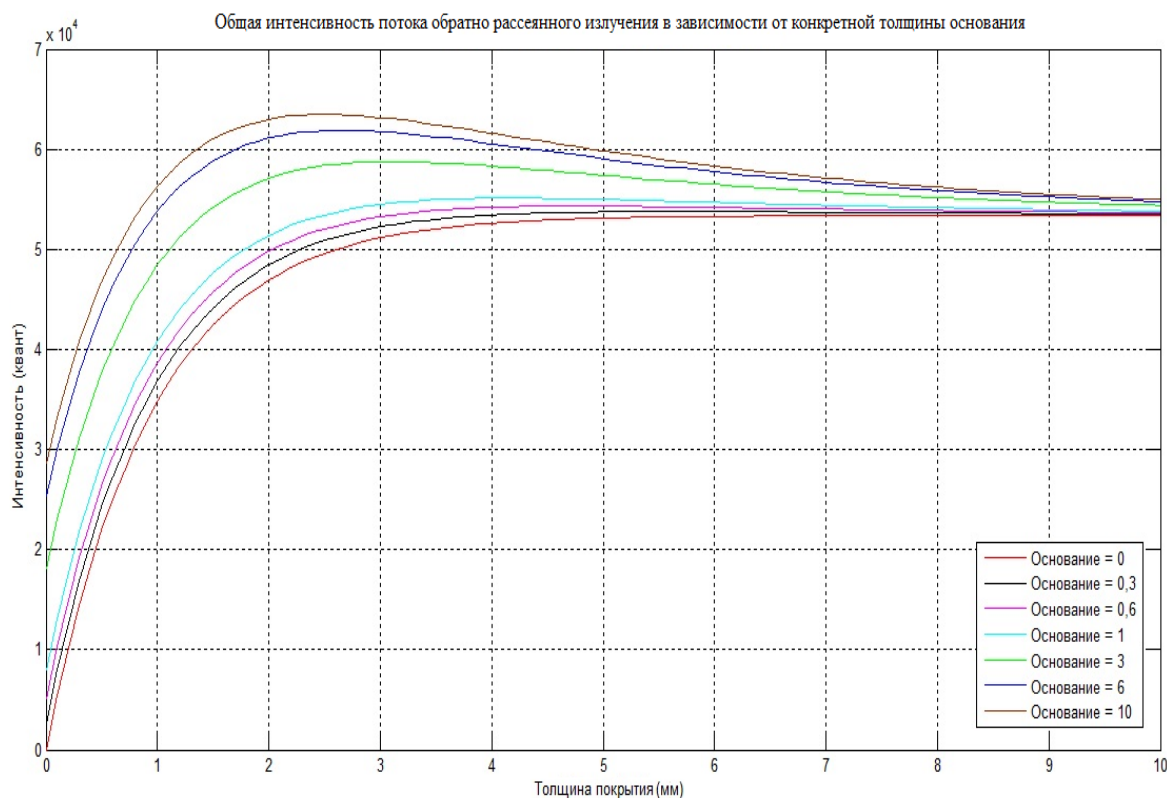


Рис. 1. Общая интенсивность потока обратно рассеянного излучения в зависимости от конкретной толщины основания

Результаты измерений толщины насыщения по основанию для углерод-углеродного композиционного материала отображены в таблице 1.

Полученные данные при анализе сигнала

Таблица 1.

№	0 мм	2 мм	5 мм	8 мм
1	2174 квант	12188 квант	12630 квант	12832 квант
2	2140 квант	11916 квант	12607 квант	12952 квант
3	2159 квант	12174 квант	12422 квант	12688 квант
4	2191 квант	11944 квант	12543 квант	12808 квант
5	2176 квант	12110 квант	12504 квант	12921 квант
6	2210 квант	12118 квант	12701 квант	12882 квант
7	2267 квант	12025 квант	12449 квант	12802 квант
8	2165 квант	11893 квант	12651 квант	12855 квант
9	2190 квант	11973 квант	12555 квант	12547 квант
10	2174 квант	12015 квант	12479 квант	12577 квант
$\bar{n}$	2185 квант	12036 квант	12554 квант	12786 квант
$\sigma = \sqrt{\bar{n}}$	46.7	109.7	112	113
$\delta = \frac{\sigma}{\bar{n}} * 100\%$	2.1%	0.9%	0.9%	0.9%

На основе полученных данных был сделан вывод, что толщина насыщения для углерод-углеродного композиционного материала составляет ~ 4,6 мм.

Был проведен эксперимент и получены данные калибровки для основания.

Также было проведено исследование влияния шероховатости поверхности на погрешность измерения.

Используя полученные данные и собранную информацию был проведен эксперимент по влиянию толщины покрытия на интенсивность обратного гамма-излучения квантов. Частичные результаты данного исследования представлены в таблице 2.

№	Среднее значение толщины покрытия по 10 измерениям, мкм	Среднее значение интенсивности по 10 измерениям, квант
1	0	0
2	50	70000
3	100	150000
4	200	236000
5	300	275000
9	700	373000
13	1400	468000
16	3000	519000
18	4000	521000

Полученные данные были использованы для построения графика, изображенного на рисунке 2, и создания программы, которая выдает значение толщины по вводу значения интенсивности.

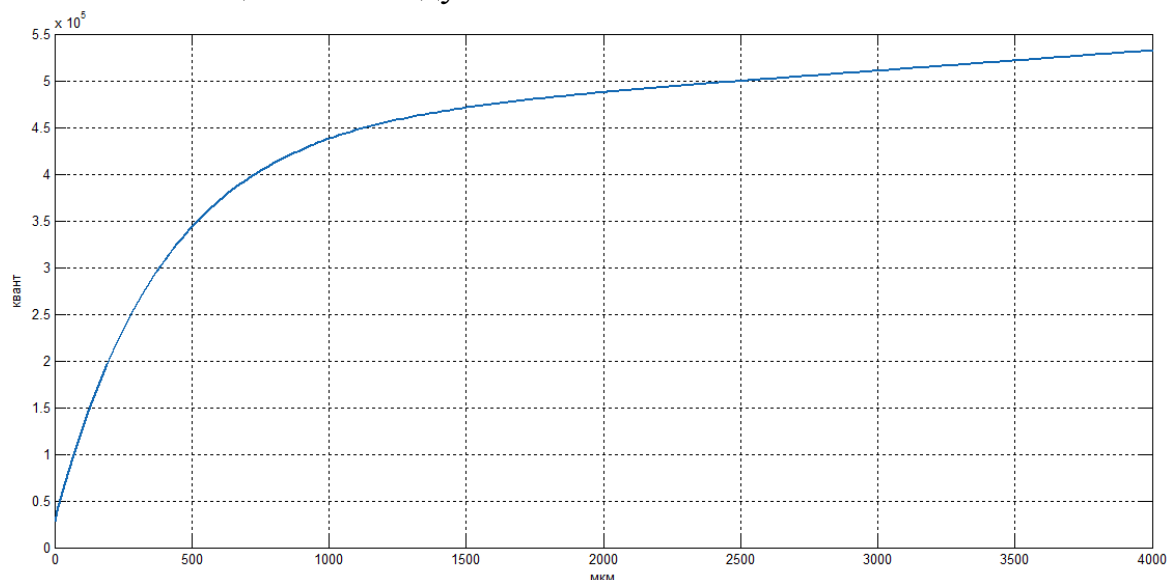


Рис. 2. Градуировочная зависимость интенсивности от толщины покрытия

Таким образом, в ходе работы были исследованы зависимости потока обратно рассеянного излучения от толщины покрытия на заданном основании в различных режимах, был выбран наиболее оптимальный режим для сбора информации с минимальной погрешностью измерения, а также была создана программа для перевода значения интенсивности в значение толщины.