

УДК 621.793.6

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЛОЕВ НА СТАЛИ 40Х, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ОКСИНИТРИРОВАНИЯ

Л. С. ВЕРТИНСКИЙ

Научный руководитель М. Н. БОСЯКОВ, канд. физ.-мат. наук, доц.

Физико-технический институт НАН Беларуси

Минск, Беларусь

Оксинитрирование сталей, сочетающее ионно-плазменное азотирование (ИПА) с последующим термическим окислением, позволяет формировать двухслойную систему «нитрид + оксид» с улучшенными трибологическими и коррозионными свойствами [1].

Цель работы – исследование микроструктуры оксинитридных слоев на образцах из стали 40Х в зависимости от температуры ИПА (490 °С...580 °С) и исходной шероховатости поверхности.

Образцы из стали 40Х с шероховатостью поверхности $Ra = 0,08; 0,2; 0,5$ мкм подвергали ионно-плазменному азотированию в промышленной установке ФТИ 3.100.000 при температурах 490 °С, 520 °С и времени выдержки 18 ч, а также при 580 °С и выдержке 6 ч в газовой смеси азота, аргона и водорода. Затем проводили окисление в печи при 450 °С в течение 4 ч в воздушной среде при атмосферном давлении. Микроструктуру покрытий исследовали с помощью оптического микроскопа МИ-1 на поперечных шлифах.

На рис. 1 представлена микроструктура образцов после ИПА азотирования при различных температурах и последующего окисления. Наблюдается «белый» нитридный слой, который, согласно литературным данным для данных режимов обработки, представляет собой смесь ϵ -фазы ($Fe_{2-3}N$) и γ' -фазы (Fe_4N). Данный слой характеризуется высокой плотностью и светлым контрастом при оптическом наблюдении. На поверхности образцов обнаружен темный оксидный слой.

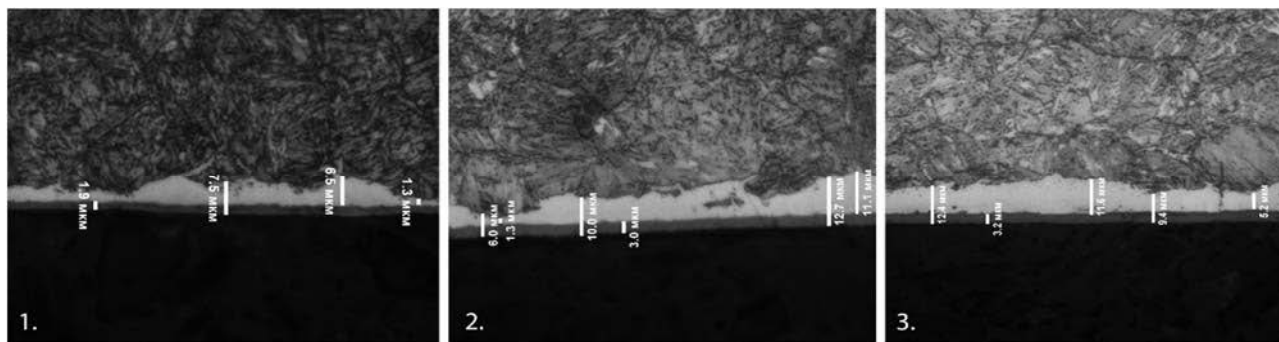


Рис. 1. Микроструктура образцов после ИПА при различных температурах и последующего окисления: 1 – 490 °С; 2 – 520 °С; 3 – 580 °С

Результаты измерения толщины «белого» и оксидного слоев на образцах из стали 40Х в зависимости от шероховатости исходной поверхности и температуры ИПА представлены в табл. 1.

С ростом температуры ИПА с 490 °С до 580 °С суммарная толщина «белого» и оксидного слоев возрастает, что обусловлено интенсификацией диффузионного насыщения поверхности азотом. При 490 °С...520 °С нитридный слой формируется переменной толщины, распространяясь преимущественно по границам зерен и дефектным участкам; при 580 °С фронт диффузии приобретает сплошной характер.

Табл. 1. Результаты измерения толщины «белого» и оксидного слоев в зависимости от шероховатости исходной поверхности и температуры ИПА образцов из стали 40Х

Шероховатость Ra , мкм	Температура ИПА, °С	Толщина «белого» слоя (средняя), мкм	Толщина оксидного слоя (средняя), мкм	Суммарная толщина оксидного и «белого» слоя, мкм
0,08	490	4,2	1,9	6,1
	520	6,2	3	9,2
	580	8,4	3,2	11,6
0,2	490	4,4	2,8	7,2
	520	4	3,2	7,2
	580	8	5,3	13,3
0,5	490	3,6	3,2	6,8
	520	3,6	4	7,6
	580	7,75	3,6	11,4

Из таблицы видно, что при повышении температуры с 490 °С до 580 °С суммарная толщина оксинитрированного слоя возрастает для всех значений шероховатости. Так, для образцов с $Ra = 0,08$ мкм суммарная толщина увеличивается с 6,1 до 11,6 мкм, для $Ra = 0,2$ мкм – с 7,2 до 13,3 мкм, для $Ra = 0,5$ мкм – с 6,8 до 11,3 мкм. Данная закономерность объясняется интенсификацией диффузионных процессов насыщения поверхности азотом при повышении температуры.

Таким образом, определяющим параметром, влияющим на толщину и морфологию формируемых слоев, является температура обработки. Влияние исходной шероховатости поверхности выражено менее отчетливо: прослеживается некоторая корреляция между увеличением Ra и изменением толщин отдельных слоёв в области температур 490 °С...520 °С.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта БРФФИ (договор № T26МП-047).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лахтин, Ю. М.** Технология ионного азотирования / Ю. М. Лахтин, Я. Д. Коган, В. Н. Шапошников. – М. : Машиностроение, 1991. – 160 с.